现代应用数学丛书

穿孔卡计算机

[日] 森口繁一 著

上海科学技术出版社

统一书号 13119·578
定　　价 0.44 元

現代应用数学丛书

穿孔卡計算机

〔日〕森口繁一 著
刘 源 張 譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书是日本岩波书店出版的現代应用数学丛书之一的中譯本，介紹穿孔卡計算机的原理和用法，以 IBM 602-A 型机器为例來作說明。全书共四章。第一、二两章介紹基本机械和輔助机械，第三、四两章介紹这种計算机在統計分析和科学計算中的应用，最后有附录一篇，介紹 UNIVAC-60 机的基本配綫。本书可供实际計算工作者参考。

パンチカード計算機械

〔日〕森口繁一

岩波书店 1957

現代应用数学丛书

穿 孔 卡 計 算 机

刘 源 張 譯

上海科学技术出版社出版（上海瑞金二路 450 号）
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷六厂印刷　　新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32　印張 2 22/32　排版字数 60,000
1964 年 7 月第 1 版　1964 年 7 月第 1 次印刷　印数 1—3,400

統一书号 13119·578　定价(科六) 0.44 元

出版説明

这一套书是根据日本岩波书店出版的"現代应用数学讲座"翻譯而成。日文原书共15卷60册,分成A、B两組,各編有序号。現在把原来同一題目分成两册或三册的加以合并,整理成42种,不另分組編号,陆續翻譯出版。

这套书涉及的面很广,其內容都和現代科学技术密切有关,有一定参考价值。每一本书收集的資料都比較丰富,而叙述扼要,篇幅不多,有利于讀者以較短时間掌握有关学科的主要內容。虽然,这套书的某些观点不尽适合于我国的情况,但其方法可供参考。因此,翻譯出版这一套书,对我国学术界是有所助益的。

由于日文原书是1957年起以讲座形式陆續出版的,写作时間和篇幅的限制不可避免地会影响原作者对內容的处理,为了尽可能地减少这种影响,我們在每一譯本中,特請譯者或校閱者撰写序或后記,以介紹有关学科的最近发展狀况,并对全书內容作一些評价,提出一些看法,結合我国情况补充一些資料文献,在文内过于簡略或不足的地方添加了必要的注释和改正原书中存在的一些錯誤。希望这些工作能对讀者有所帮助。

承担翻譯和校閱的同志,为提高书籍的质量付出了巨大劳动,在此特致以誠摯的謝意。

欢迎讀者对本书提出批評和意見。

上海科学技术出版社

譯者序

一般认为，穿孔卡計算机是企业、事业单位进行会計或統計工作时所用的工具，而在科学技术的計算工作中要用的是电子計算机。現在看来，也不尽然。正如本书中所介紹的那样，在小型的IBM 602-A上也可以进行一定的科学技术計算。关鍵在于如何根据問題的性质和穿孔卡的特点来組織各种不同用途的机械，使其相互配合、发揮作用。从本书中可以学到这方面的技巧。

虽然电子計算机具有运算速度快和存儲量大的优点，但是解題时进行程序設計所需的时間是比較长的。与此相反，利用穿孔卡計算机进行科学技术計算，虽然在机械的操作上費些时間，但是程序設計很簡单。因此，有时对于一个特定的問題，用后者去作倒反而来得快。再考虑到計算工作上两者所需的费用的不同，后者往往就显得更为有利。从这个意义上来說，統計分析的計算和大部分的运籌計算都可以有效地使用穿孔卡計算机。

可能因为篇幅与时間的关系，有一个重要的方面在这本书里沒有提到，就是模拟实驗。日常遇見的一类运籌問題，往往要通过模拟实驗求得解决，或对解进行驗証。这里面的一个主要工作就是发生符合問題需要的随机数。其余就是問題的現象的模拟和定量分析。这些工作也都可以在穿孔卡計算机上进行。

本书中作为主要依据的机械是美国国际商业机械公司的产品。尽管目前国内使用的穿孔卡計算机可能有种种不同的机械构造和配綫方式，但本书的内容仍然是有很大的参考价值。譯者也希望通过这本书的介紹，能提高国内穿孔卡計算机的利用。

需要說一下术語的翻譯問題。由于国内已經出版的电信和計

算技术詞汇等书里，很少有穿孔卡計算机方面的术語，大部分的术語汉譯都是自拟的。如有不妥之处，尚請讀者指正。再者，书中說明配綫的部分，术語皆依照原著以英語写出，因为这样可使对照配綫图閱讀时方便些，而且这些术語也往往都是在前文中已譯出过的。

最后借此机会深深感謝著者惠贈原书和有关資料的好意。

刘源張

1963年6月于北京

前　言

利用卡片上所穿的孔来表示数值、且以穿有这种孔的卡片来进行計算的机械，最初是作为統計机械而发明的，后来以会計机械乃至事务机械的形式发展着，近几年来在統計分析和科学技术的計算（包括为了取得經营上的决策所需的資料而进行的OR計算❶）方面也都使用着。由于这样的使用状况，有必要在求解問題的人和机械专家之間建立共同的語言，本书的目的就是想在这方面作一个向导。

由于在日本目前最普遍使用的机械类型是IBM❷的产品，所以本书将以这种产品为主(附录中也提到UNIVAC-60❸)，并以若干問題作为具体例子来进行介紹。虽然如此，所述內容对一般来說还是有用的。对于那些想利用机械計算在自己的研究工作中开辟新园地的讀者，具有上述水平大体上已敷应用。同时作者深信，增加一些掌握了这方面知識的机械計算爱好者也是目前大家所期望的。

再者，本书中所用到的例子，大部分是日本科学技术协会PC❹委員会的委員們实际試驗研究过的，是未能一一举名的許多先生共同协作的成果，在此謹向这些先生們致以衷心的感謝。

S. M.

1957年6月7日

---

❶ OR是运筹学的英文原名Operations Research的縮写。OR計算意即运筹計算。——譯者注

❷ IBM为美国国际商业机械公司(International Business Machines Corporation)的簡称。——譯者注

❸ 美国Remington Rand公司出品的一种穿孔卡計算机，UNIVAC-60是其牌号。——譯者注

❹ PC是穿孔卡(punch card)的縮写。——譯者注

目　　录

第1章 基本机械

§1 穿孔机．檢孔机

在卡片上穿孔用穿孔机(punch)，檢查这些孔是否穿得正确则用檢孔机(verifier)。

数字式穿孔机的鍵盘有着象图1.1那样排列的鍵。将卡片放到规定的位置，看着1，2，…，9按鍵，就可看到在卡片上各个数字的地方穿出了孔来。再按0，X，Y，则卡片上的0和它上面空栏的地位就穿出了孔来(图1.2)。

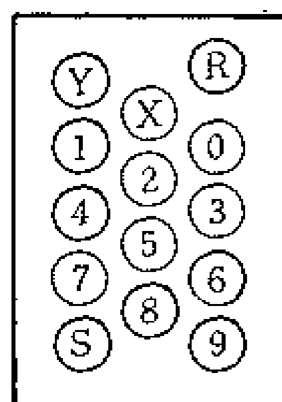

图1.1 数字式穿孔机的鍵盘

X孔也称为“11”，但它既不是表示英語字母X，也不是表示数字11．它被用来表示卡片上的特殊标志，或者表示負数。类似地，Y孔也称为“12”，这仍不过是一个名称而已。

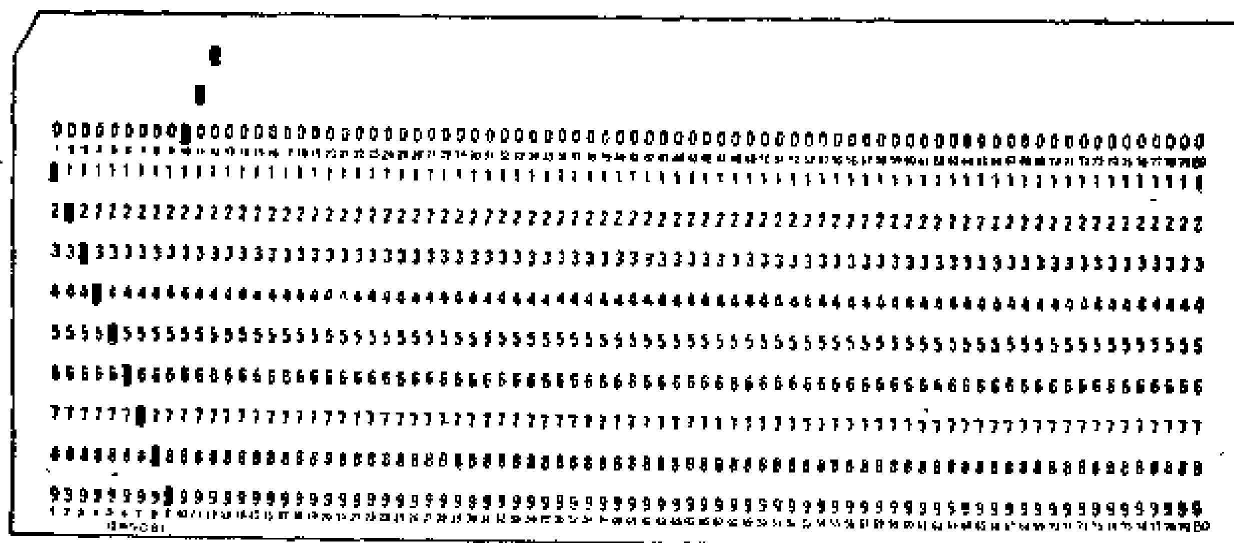

图1.2 数字的穿孔

其次，若按 S (space)键，则卡片在这一纵行(column)上就不穿孔而进到下一行。若按 R (release)鍵，则一般是一直跳到最后的第 80 行才停下。这时，再按一下 S 鍵，卡片就落到受卡盒(stacker)中。

英語字母式的穿孔机除了有与上述同样的鍵之外，还有与普通打字机完全一样排列的英語字母鍵。将标有 A, B, …, Z 等的鍵按下，就穿出图 1.3 那样的孔。也就是說，英語字母是用同一行中穿两个孔来表示的。取 X, Y, 0 中的一个与 1～9 中的一个組合起来可得 3×9＝27 种組合，只要除去其中 0 与 1 的組合，就可将其余的 26 种組合与 A～Z 的 26 个英語字母相对应。

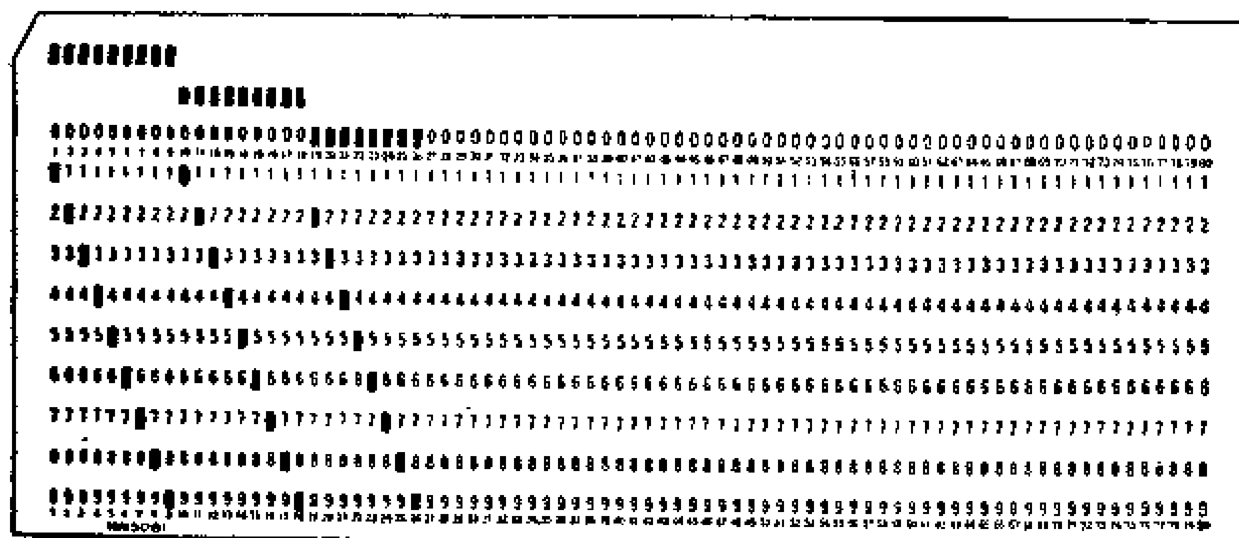

图 1.3 英語字母的穿孔

檢孔机做得与穿孔机具有相同的形式，用法也是相同的。不同的地方是：若所按下的鍵上的数字(或文字)与已穿好的孔一致，则卡片就前进，若二者不一致，就有紅灯亮而卡片停留不动。让非穿孔工作人員用檢孔机进行檢查，若卡片順利通过，就可以认为孔都穿对了。

一小时打 2 万字(即按鍵次数 2 万次)的穿孔作业速度可以算

是很高明的了。而对熟练者来說，錯誤大約可以低到打几千字只出一个的程度。

§2 分 类 机

分类机（sorter）是根据指定的行上所穿的孔来进行分类的机械。

把卡片放到送卡盒里，使印刷面向下，“9”的一边在前（face down，“9” edge first），再把电刷对准到指定的行上，这时，若按一下起动开关，則在卡片通过电刷和滚筒之間的时候，就可用电的方法将孔讀出，而把卡片送到与孔相对应的受卡斗里。至于那一行上沒有穿孔的卡片，則将落到 R（reject）受卡斗里。

速度有 1 分钟 450 張的和 650 張的。

例 1 有 343 張卡片，它們在 C1～3（第 1 行～第 3 行）上具有从 001 到 343 的一串号碼。这些卡片以不規則的次序排在一起。現在試将它們按这串号碼的顺序排列起来。

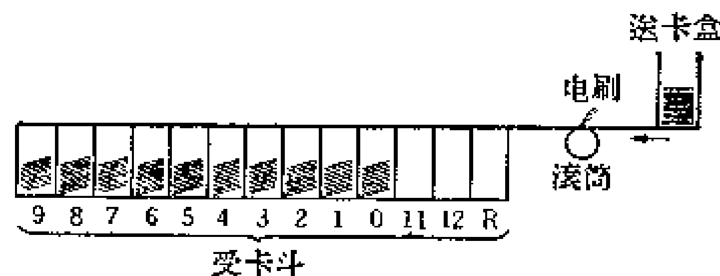

图 2.1 分 类 机

先把电刷对准到 C3（column 3，第 3 行）来进行分类。从 0 受卡斗开始，依着 1，2，…，9 的顺序将卡片取出来（对它們分别进行透光檢視，确定一下分类有沒有錯），把印刷面向下且按顺序迭起。再将它們放到送卡盒里，把电刷移到 C2 来进行分类。对結果作同样的处理，再对 C1 进行分类。然后同样依 0，1，2，…，9 的顺序取出（同时进行校对）而迭在一起，就得到了按这串号碼顺序地排好的卡片。

［注］ 象上述那样用机械进行分类的时候，过程是从个位数开始，然后

十位、百位，順序地沿高位数的方向进行。在进行有大分类、中分类、小分类的几个等級的分类时，也是从小分类(minor)开始向大分类(major)前进的。这种方式称为从小到大的分类(minor to major sorting)。

例 2 有108張卡片，它們的C21～24上穿有随机数的孔，試将它們按随机的順序排起来。

这只要将卡片按随机数的大小次序排列起来就行了。所以可从C24开始，对C23, C22, C21依次进行分类。

[注] 在卡片上穿上随机数，然后依它們的大小次序排起来的方法，被用于实驗順序的随机化上（参看§8的例子）。在作抽样調查的随机抽样时，也是这样随机地排好，而后取最初的 n 張(n 是样品的数目)就行了。

§3 会 計 机

称为会計机(accounting machine)或制表机(tabulator)的机械，就是将印刷装置和加减計算装置放在一起而組成的設备，它是在穿孔卡机械組織中起核心作用的主要机械。

把卡片(印刷面向下，"9"的一边在前)放入送卡漏斗。让它們通过上电刷(upper brushes)和下电刷(lower brushes)而进入受卡盒(图3.1)。

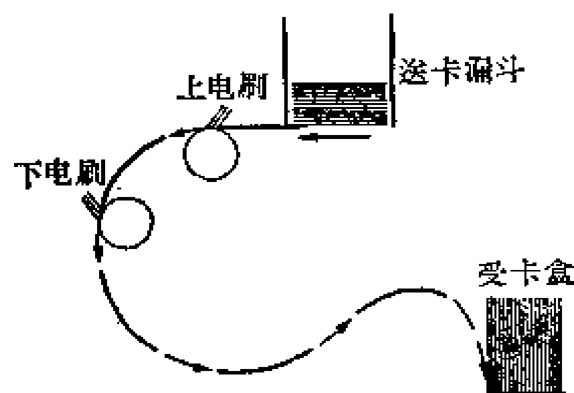

图3.1 会計机卡片的傳动方式

印刷是利用打字杆(type-bar)来进行的。88根打字杆同时升起，各自停在适当的地方，鉛字被小鎚敲一下，就在某一行上进行一次印刷(图3.2)。88根之中，左边的43根有着英語字母和数字，因此称为字母数值打字杆(alphamerical type-bar)；右边的45根只有数字，所以称为数值打字杆(numerical type-bar)。

加减計算是利用計数器(counter)来进行的。机械中装有各

种不同位数的計数器,全部合在一起則有 80 位。

給予机械的指令,除了开关和鍵以外,是借助于配綫盘 (control panel, plugboard) 来詳細地給出的。

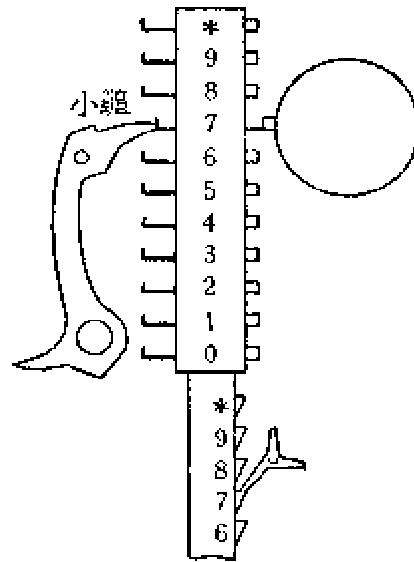

图 3.2 打 字 杆

例 1 試将卡片上的穿孔内容照样地印刷到紙带上去 (listing)。

配綫象图 3.3 那样, 只要将下电刷从卡片各行讀出的脉冲, 分别送入适当的打字杆的登記輸入口 (list entry) 就行了。虽則在图 3.3 中, 例如 LOWER BRUSHES 的 1 和 2 分别配綫到 NUMERICAL TYPE-BAR LIST ENTRY 的 1 和 2 上, 但我們規定采用象图上那样的表示方法。

例 2 小計的計算 对于数据 $x_{ij}(i=1, \cdots, k; j=1, \cdots, n_i)$, 試求出各組的小計

$$T_i=\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \qquad (i=1, \cdots, k).$$

在卡片的設計象图 3.4 那样的时候,先对 C4, C3 进行分类,然后使它們通过象图 3.5 那样配綫的会計机就行了。

图3.3 登記的配線

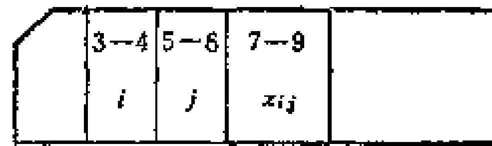

图 3.4 卡片的設計

[配綫說明] ①: 登記号碼 i. ②: 将下电刷讀出的数值 x_{ij} 送入計数器 6A. ③: 从 PLUG TO "C"配綫到計数器 6A 的+的插孔, 送入計数器进行加法运算的指令(这样作好就可在每一个卡片周期内进行加法运算)。④,⑤: 把从上电刷讀出的号碼 i 和从下电刷讀出的号碼 i 送入比較继电器进行比較, 两者不相等时就意味着到了組与組的分界处(就是,第 i 組的最后一張卡片通过下电刷,第 $i+1$ 組的最初一張卡片通过上电刷)。⑥,⑦: 若进入比較继电器的脉冲不相等, 就发出"不等脉冲"("unequal impulse")。不論它是在号碼 i (这里考虑 2 位)的哪一位上发生,都有脉冲进入 MINOR 的插孔。依靠这脉冲使卡片的傳动中断, 并进行周期小計(total cycle)。⑧: 利用周期小計中 MINOR 送出的脉冲,清除計数器 6A (退回到零),同时发出将在这里所得到的总和印出的指令。⑨: 計数器 6A 的内容在配綫⑧所指定的周期中从 TOTAL EXIT 輸出,送入 TYPE-BAR 进行打印。⑩, ⑪ (这些不是配綫):它們将对应于送入的有效数字的最后一位的小鏈分离杠杆(这里就是 numerical type-bar 的 10 和 18)升起; 若不这样作,就会在它右边排上一串沒有意义的 0.

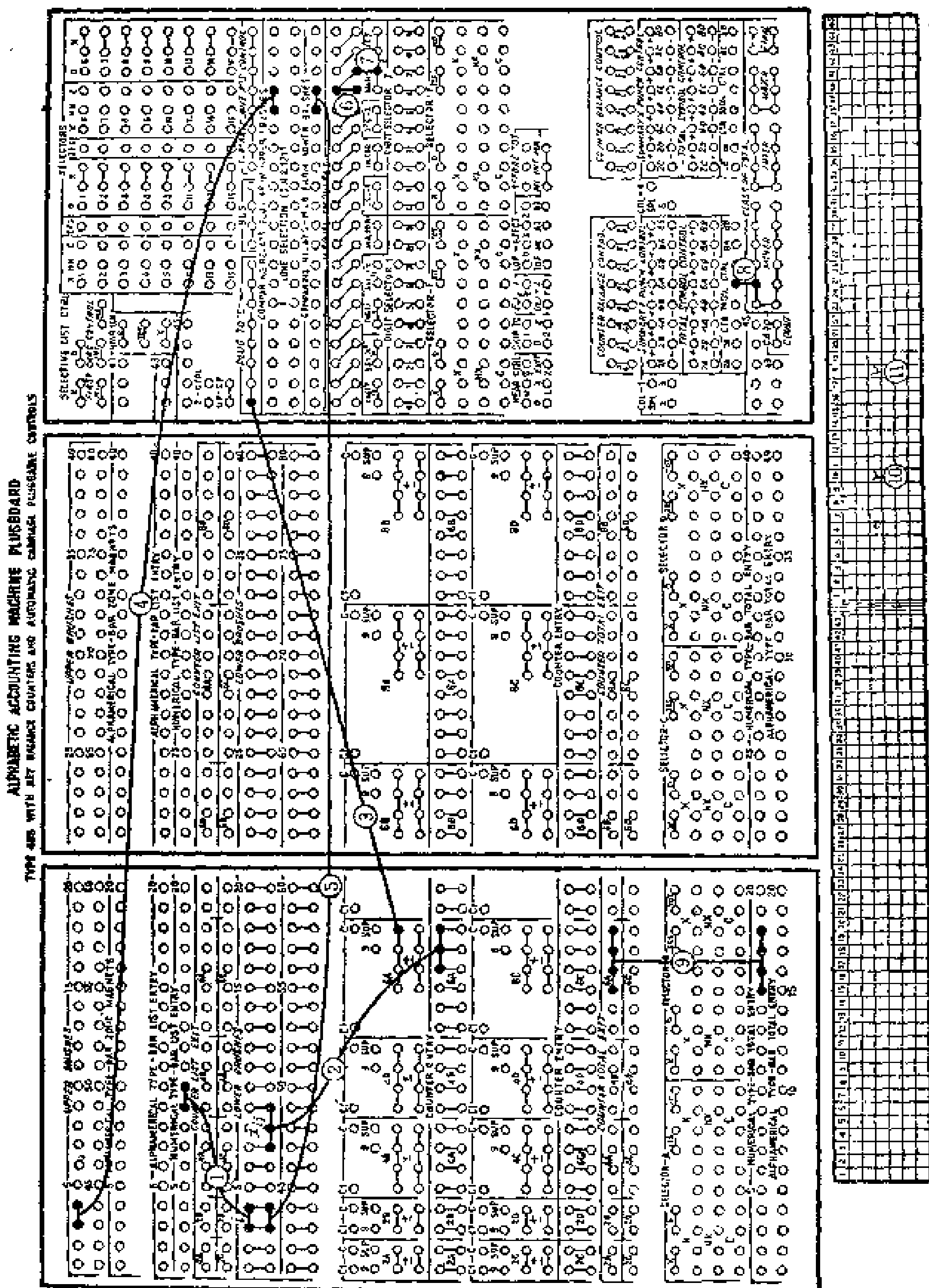

图3.5 小計的計算

第2章 輔助机械

§4 翻譯机

将卡片的穿孔內容打印到卡片上面时用翻譯机(interpreter)。

翻譯机的配綫非常簡单，从 READING BRUSHES 的插孔到 TYPE BARS 的插孔可以随意配綫。打字杆有 60 根，在卡片面上从 C1 到 C80 的范圍內全部占滿，可以打印 60 个数字(或英語字母)。并且在卡片上有上下两排印刷位置(卡片的上方，“12”孔的上边和下边)，上下位置的轉換是用机械后面的手柄来实現的。

例 試将卡片上 C1~2, 3, 4, 5, 8, 9, 12 的穿孔內容，分別由打字杆 1~2, 5, 7, 9, 11, 12, 13 翻譯印刷出来。

配綫可布置成象图 4.2 那样，所得的結果則象图 4.1 所示。

35 1 1 1 220

图 4.1 翻譯印刷的結果

[注] 在翻譯机上把卡片放进漏斗时，是与普通的机械相反，即将印刷面向上而“12”的一边(上边)在前这样放进去的。

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

ALPHABETIC INTERPRETER, TYPE 552, CONTROL PANEL

CONTROL PANEL

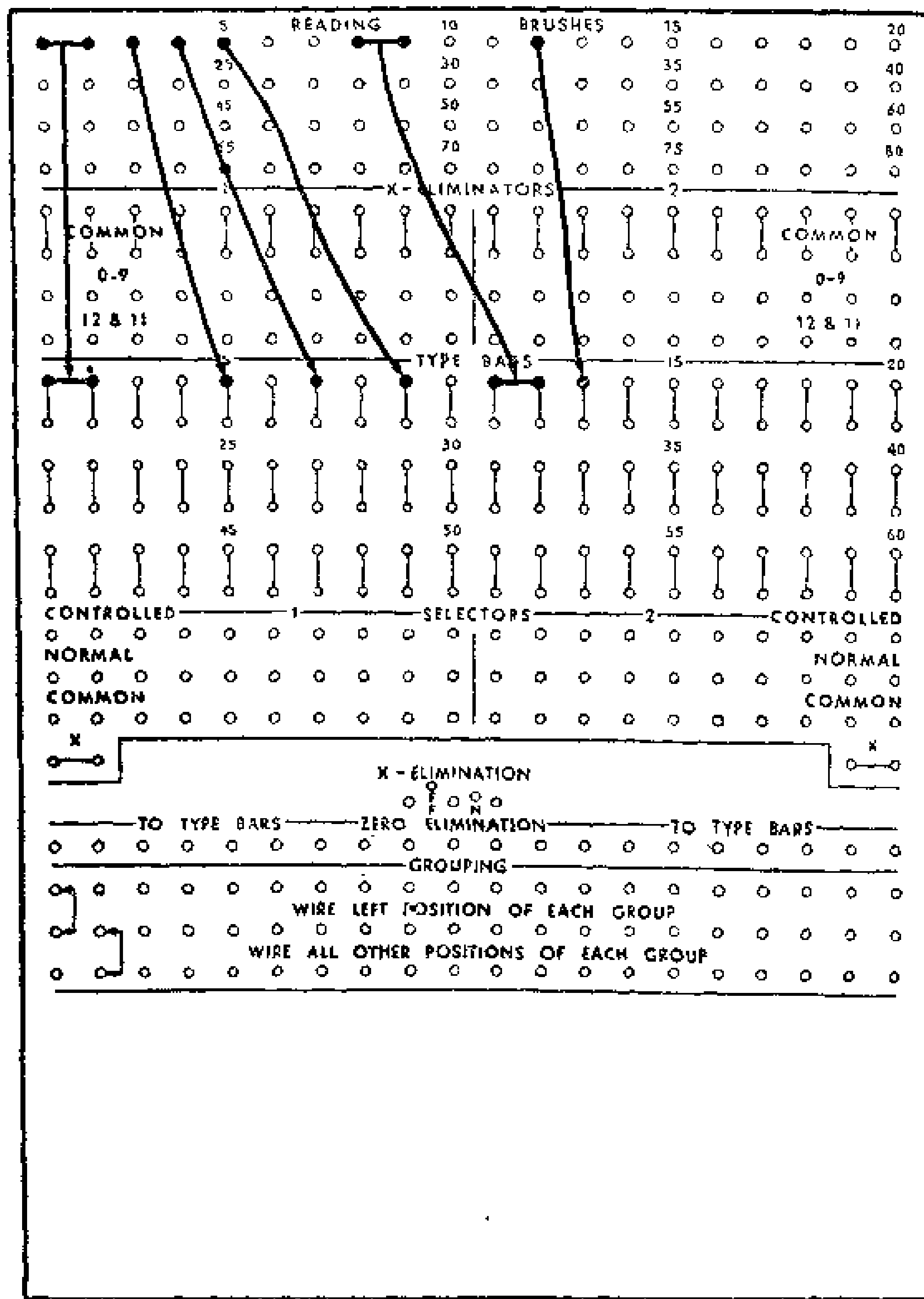

図 4.2 翻譯机的配綫

§5 复写穿孔机

将一組卡片的內容往另一組卡片上进行复写 (reproducing)，以及将同样的內容在一組卡片上进行集体穿孔或成組穿孔 (gang punching)时，使用复写穿孔机(reproducing punch, reproducer)。

在复写穿孔机的卡片通路上装有讀取装置 (reading unit) 和穿孔装置(punching unit)(图 5.1)。从漏斗 (H_1, H_2) 到受卡盒 (S_1, S_2) 之間不論哪一边都有两个关卡。卡片的傳动在时間上是配合好的。就是說，从 H_1 进来的一張卡片在通过复写电刷(reproducing brush) 时，与它对应的卡片则从 H_2 进来而正通过穿孔磁鉄 (punch magnet) 的地方。而且两張卡片上 “12”, “11”, “0”, “1”,…,“9”的各个位置通过这些关卡的时刻，都是一致的。这样，在讀取装置这边送入原版卡片 (master card)，在穿孔装置一边送入空白卡片 (blank card)，把由复写电刷从原版卡片讀出的脉冲送入穿孔磁鉄，就在空白卡片上穿上了与原版卡片相同的孔，这就是复写的原理。

复写是否象所期望的那样进行，可以利用第二道关卡来檢查。这就是将比較电刷 (comparing brush) 讀出的脉冲与穿孔电刷 (punch brush)讀出的脉冲送入比較装置的比較磁鉄 (comparing

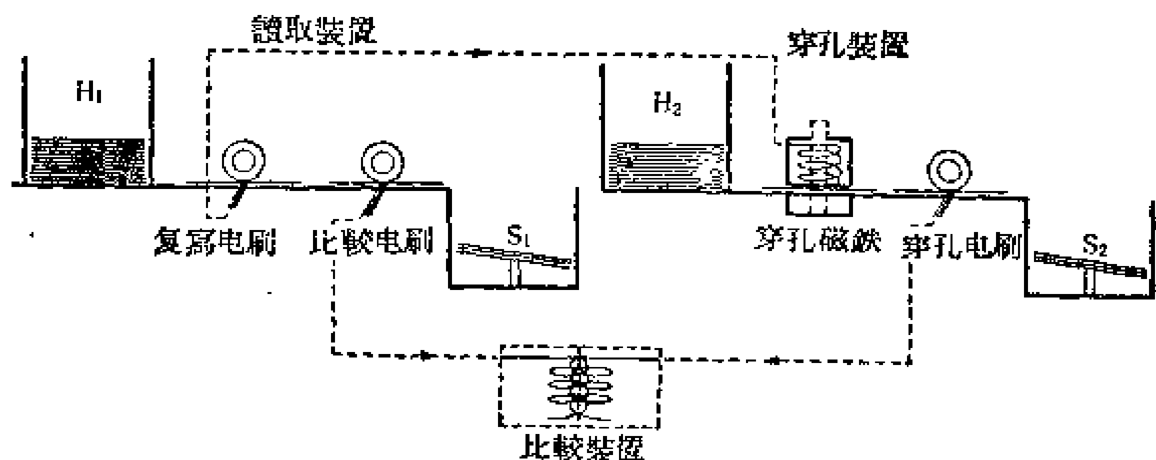

图 5.1 复写穿孔的原理

AUTOMATIC REPRODUCING PUNCH, TYPE 513 CONTROL PANEL

FOR SUMMARY PUNCHING - ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE

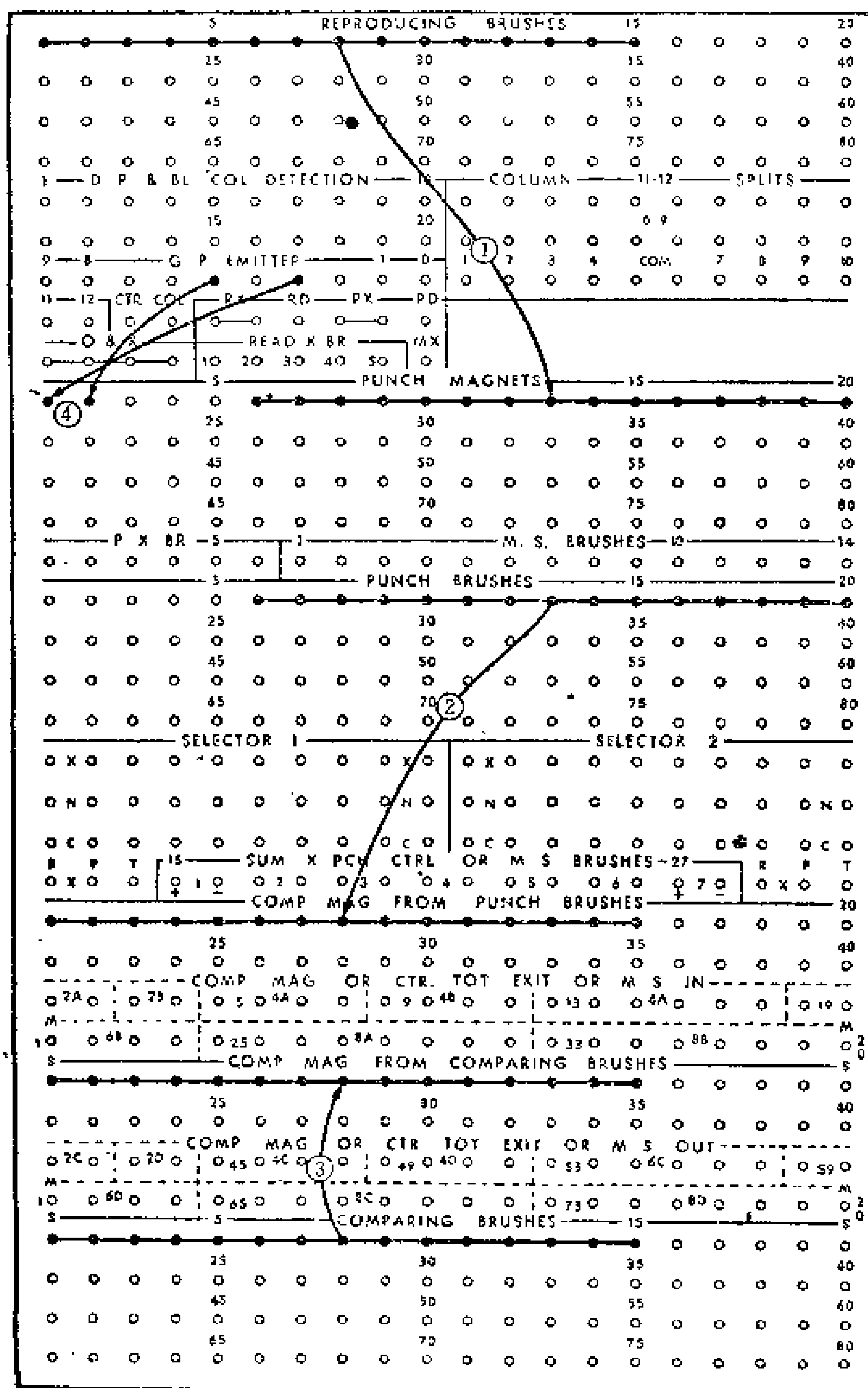

图5.2 复写和集体穿孔的配线

magnet)；当双方的孔不一致时，机械停車，紅灯亮。并且一看比較指示器(comparing indicator)，就知道在第几号的比較磁鉄处檢查出錯誤来了。

例 1 試将原版卡片上 C1～15 的穿孔内容，复写到空白卡片的 C6～20 上。

配綫可布置成象图 5.2 的 ①～③ 那样。① 是从 REPRODUCING BRUSH 到 PUNCH MAGNET 的配綫；②，③ 分别是从 COMPARING BRUSH 和 PUNCH BRUSH 到 COMPARING MAGNET 的配綫。

〔注〕 例如，原版卡片是一組 54 張，则空白卡片只要放进比 54 張多的任意張数就行了。原版卡片沒有了，机械就自动停車，所以这时从漏斗中把剩下的空白卡片取出，要再按一下起动开关。

放入漏斗的卡片要印刷面向下而 "12" 的一边(即上边)在前。最初按起动开关时，一定要按上 3 个周期的时間間隔(即一直按到第一張卡片落到受卡盒为止)。

若錯誤檢查出来了，就把漏斗和受卡盒中的卡片全部取出，使比較指示器复原，之后再按起动开关。这时出来的第一張卡片就是被檢出錯誤的卡片。

要将同样的内容在一組卡片上进行集体穿孔，只要把从 GANG PUNCH EMITTER 来的脉冲送入所要的 PUNCH MAGNET 就行了。

例 2 进行例 1 中的复写的同时，試将"35"这个数值在 C1～2 上进行集体穿孔。

只須增添图 5.2 中的配綫④就行了。

这时是这样进行結果檢查的，把出来的卡片排齐对光透視，肯定一下 C1 的"3"和 C2 的"5"是否看得透。

〔注〕 GANG PUNCH EMITTER 在最初第一个周期中不送出脉冲，因此在使用它时，有必要在最前面放进一張空白卡片。并且在檢查时一定要把

最前面的一張去掉后再对光透視。

若干組的卡片迭在一起，要在各組上集体穿孔不同的內容时，可把穿有这些內容的原版卡片一張一張放在各組的最前面，将由穿孔电刷讀出它們的脉冲送入穿孔磁鉄，而把同样的內容复写到下面一張卡片上，这張卡片走到穿孔电刷的地方，又同样地把同一內容复写到它下面的一張上（图5.3）。这称为分散原版的集体穿孔(interspersed master gang punching)。

結果的檢查可以利用讀取装置，根据图5.3所示的原理来进行（与其他組的集体穿孔同时）。

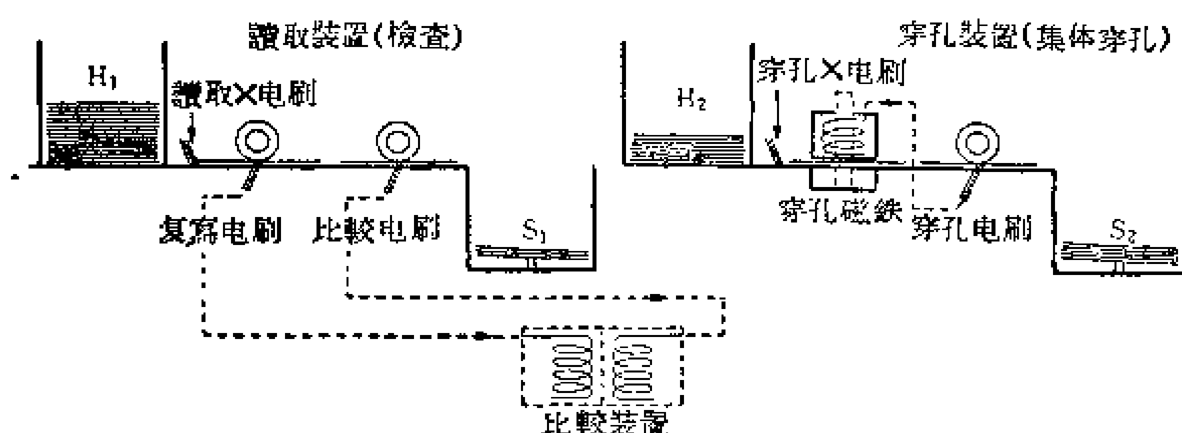

图5.3　集体穿孔的原理

例3　有每組9張卡片的12組，全部共108張卡片。每一組是用号碼i (=1, 2, 3, 4)和号碼j (=1, 2, 3)的組合来标志的。試把号碼i, j在C3, C4上进行集体穿孔。

准备象图5.4那样的原版卡片（C80的X表示是原版）12張，把它們分别放在相应的各組的最前面，并将全部卡片迭在一起。配綫布置成象图5.5那样，把detail or master开关（为了給机械指明穿有“X”的卡片是原版卡片）轉到X MASTER一边，并启动机械。

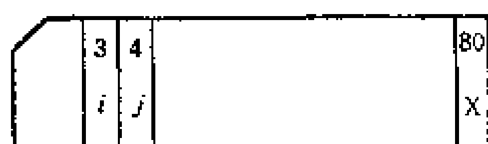

图5.4　原版卡片

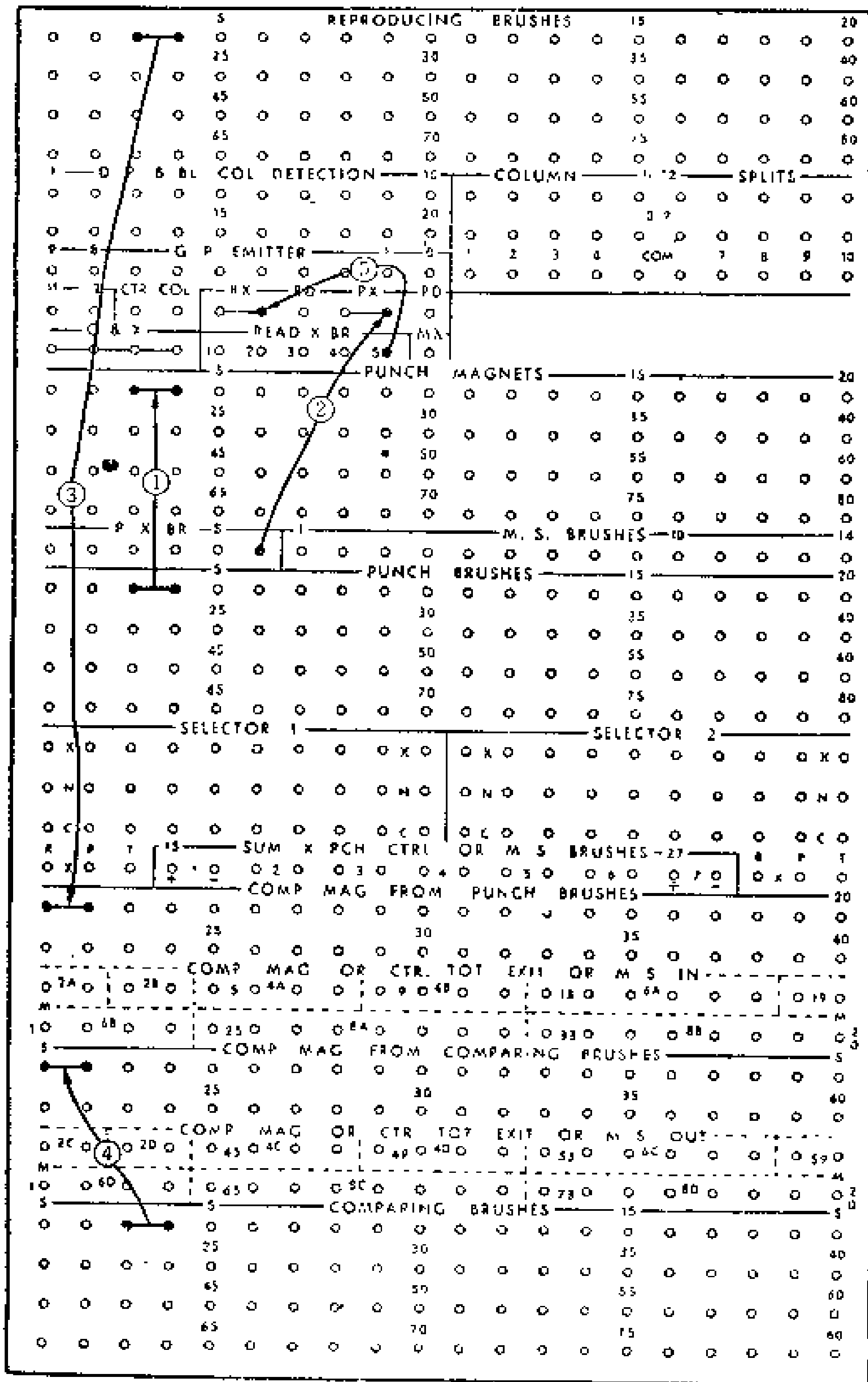
AUTOMATIC REPRODUCING PUNCH, TYPE 513 CONTROL PANEL
FOR SUMMARY PUNCHING – ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE
REPRODUCING BRUSHES
COL DETECTION
COLUMN
SPLITS
EMITTER
READ X BR
PUNCH MAGNETS
M. S. BRUSHES
PUNCH BRUSHES
SELECTOR 1
SELECTOR 2
SUM X PCH CTRL OR M S BRUSHES
COMP MAG FROM PUNCH BRUSHES
COMP MAG OR CTR. TOT EXIT OR M S IN
COMP MAG FROM COMPARING BRUSHES
COMP MAG OR CTR TOT EXIT OR M S OUT
COMPARING BRUSHES
DEPT.
NO.
NAME
USE

图 5.5 集体穿孔的配綫

図56 計総穿孔(会計机的配綫)

AUTOMATIC REPRODUCING PUNCH, TYPE 513 CONTROL PANEL

FOR SUMMARY PUNCHING – ALPHABETIC ACCOUNTING MACHINE

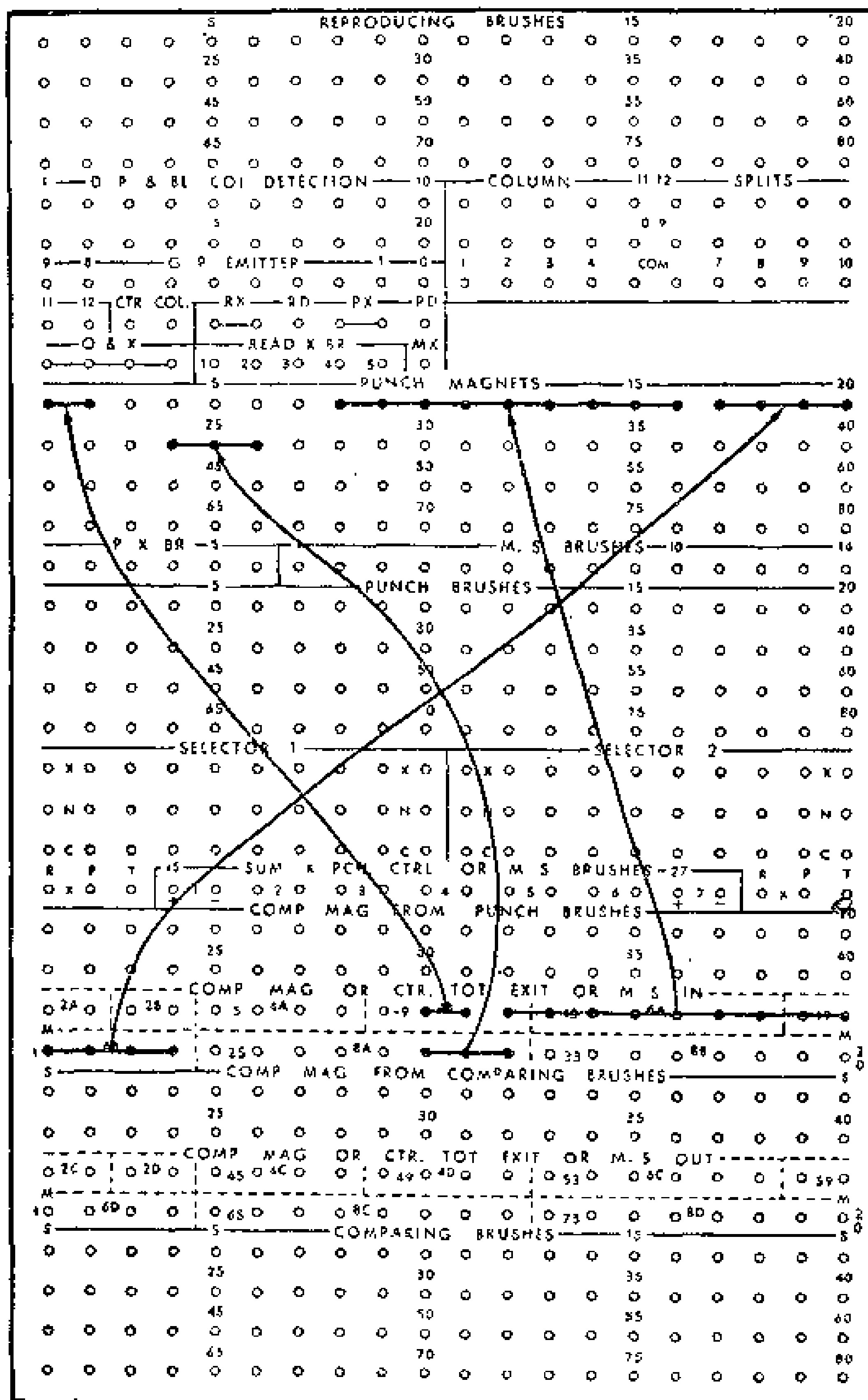

図5.7 計総穿孔（复写計总穿孔机的配綫）

［配綫說明］ ①：把前一張卡片上 C3～4 的穿孔內容复写到后一張卡片上。②：在原版卡片通过穿孔磁鉄的周期間，不让进行穿孔的配綫。③，④：为了檢查，把从复写电刷和比較电刷讀出的脉冲送入比較磁鉄。⑤：在原版卡片通过复写电刷的周期間，不让进行比較的配綫。

計总穿孔 (summary punching) 是把在会計机的計数器中得到的总計在新的卡片上穿孔，从而制出計总卡片(summary card)。

进行計总穿孔时，要把会計机和計总穿孔机(常用的是兼有这种机能的复写穿孔机)用电纜連結起来。用电纜傳送的只是計数器的內容，因此卽使只是要将分类号碼复写到計总卡片上，也必須先放到計数器中去(为此使用了 first card control)。

例 4 在 108 張卡片中，每 4 張卡片具有相同的 C8, C9, C12. 試将这样的 4 張作为一組，把每組的 C25～26 上的数值的小計制成計总卡片，同时把 C1～2, C8～20 的內容复写上去。

依 C12, C9, C8 的順序分类，象图 5.6 那样配綫，将卡片放进計总穿孔(SUMMARY PUNCH)开关接通的会計机的漏斗中。再把象图 5.7 那样配綫的复写計总穿孔机用电纜連到会計机，在穿孔装置的漏斗內放进空白卡片，就可按会計机的起动开关。

［注］ 接通 SUMMARY PUNCH 开关，則只有在小計的周期中才进行計总穿孔。除这个开关以外，再接通中計(INTER SUMMARY)开关或大計(MAJOR SUMMARY)开关，則将在中計或大計的周期中进行計总穿孔(只能在小計、中計、大計的一种周期中进行計总穿孔)。若把小計周期中沒有清除掉的計数器內容，在每一小計周期中进行計总穿孔，就能实現累計穿孔。

§6 校对机

校对机(collator)是进行卡片的序列檢查(sequence checking)、混合(merging)和配合(matching)等的机械。

在校对机的卡片通路上有第一(primary)和第二(secondary)两个系統(图 6.1)。从第一送卡漏斗出来的卡片，通过两个关卡后

落到受卡斗2(或1)中。从第二送卡漏斗出来的卡片,通过一个关卡后落到受卡斗2(或3或4)中。(若是沒有特別的配綫,任何一方来的卡片都落到受卡斗2中,但若有了选擇配綫,可以由于它的脉冲而使卡片落到其他的受卡斗中。)

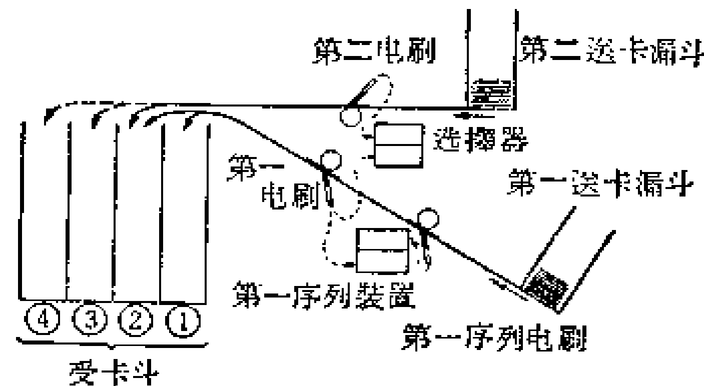

图6.1 校 对 机

例1 試檢查穿在C1~3上的一串号碼有沒有順序顚倒的地方,或者是否有同号碼的卡片連在一起裝入(序列檢查)。

配綫可布置成象图6.2那样,把卡片放进第一送卡漏斗,并开机。一遇順序顚倒的地方,紅灯就亮,且停机。若有号碼相同的卡片連在一起,則只有最后的一張落到受卡斗2中,其他的将被受卡斗1檢出。

[配綫說明] ①,②: 在每一周期中将卡片送进(feed)并且送出(eject)。③,④: 把第一电刷C1~3和第一序列电刷C1~3所讀出的脉冲分别送入1st和2nd的PRIMARY SEQUENCE MAGNETES,比較它們的大小。⑤: 为了取出大小判別的結果,把CTRL INPUTS(control inputs)連到PS(primary sequence unit)。⑥,⑦: 每一周期使PS1, PS2 (1st primary sequence, 2nd primary sequence)都复原,放进新讀出的数值。⑧: 根据大小判別的結果,若发現进入2nd PRIMARY SEQUENCE MAGNET的数值小,由⑤进入PS的脉冲就从LOW 2nd PRI的插孔出来,于是靠这个配綫把它送到ERROR STOP的插孔,机械就自动停車,并亮起紅灯。(在这种場合中,"low 2nd primary"表示后面来的卡片的号碼小,也就是号碼的順序顚倒了。)⑨: 1st和2nd相等时,就从EQUAL 2nd PRI的插孔出来脉冲,

COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

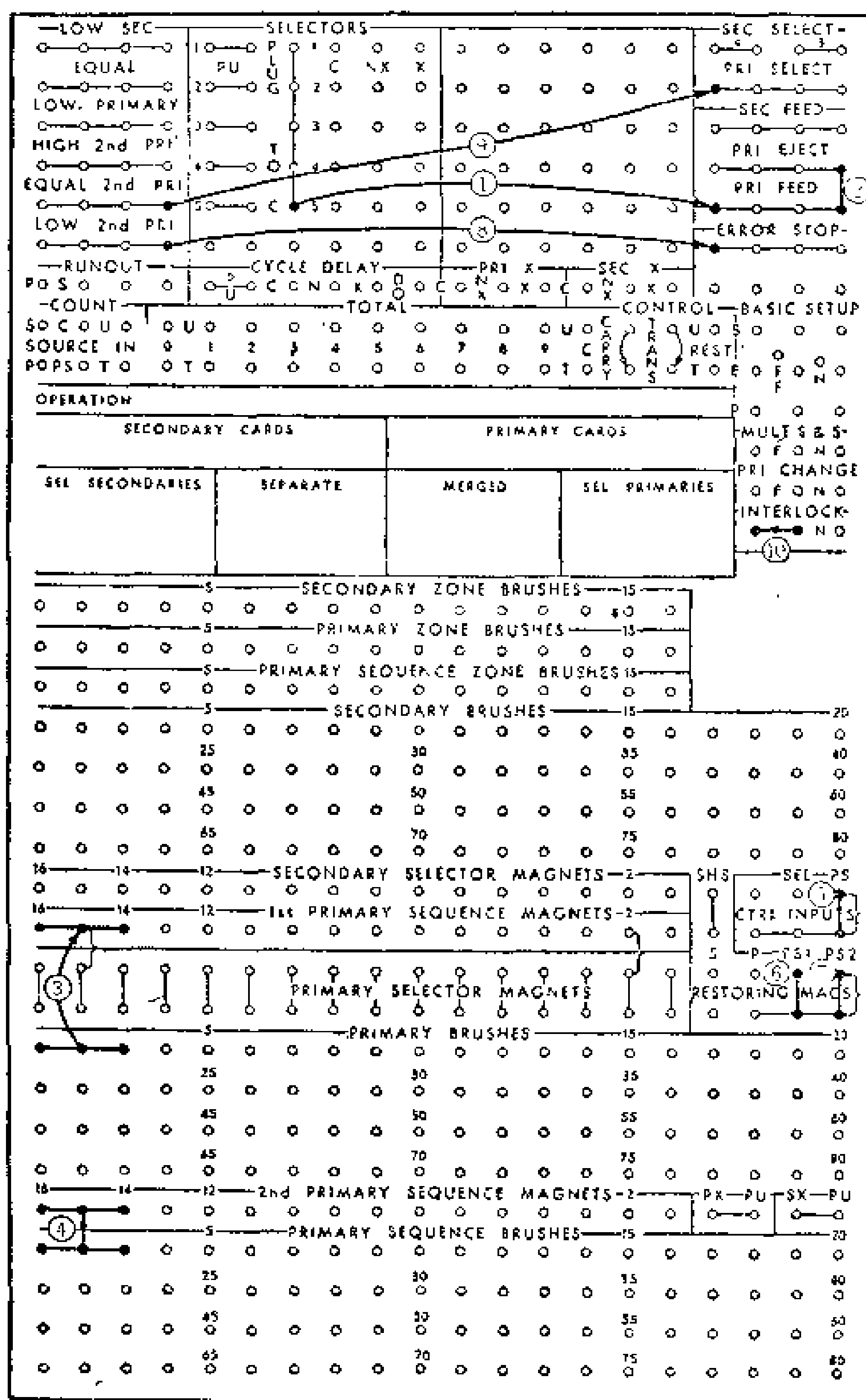

図6.2 序列検査

COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

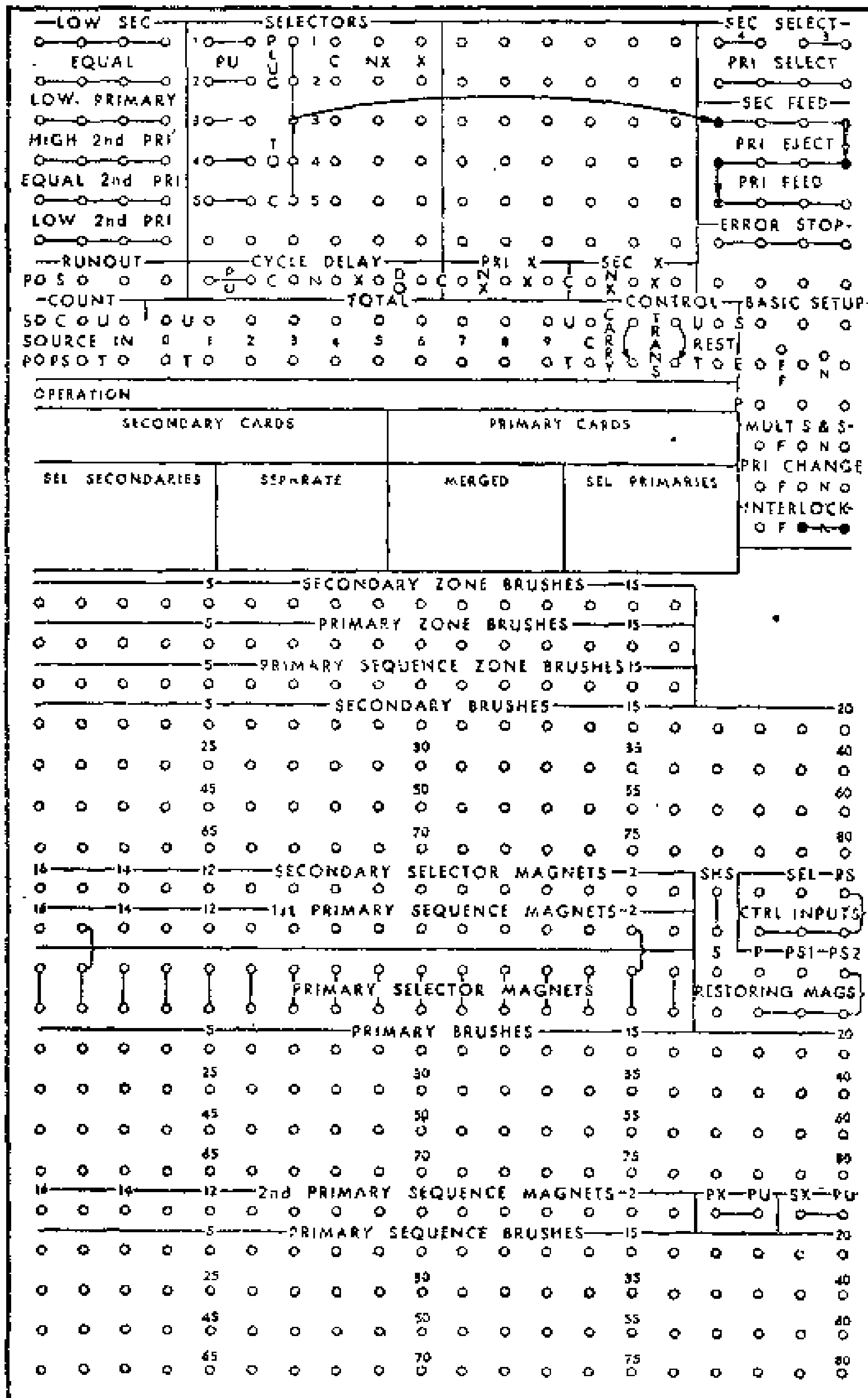

图6.3 混 合

COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

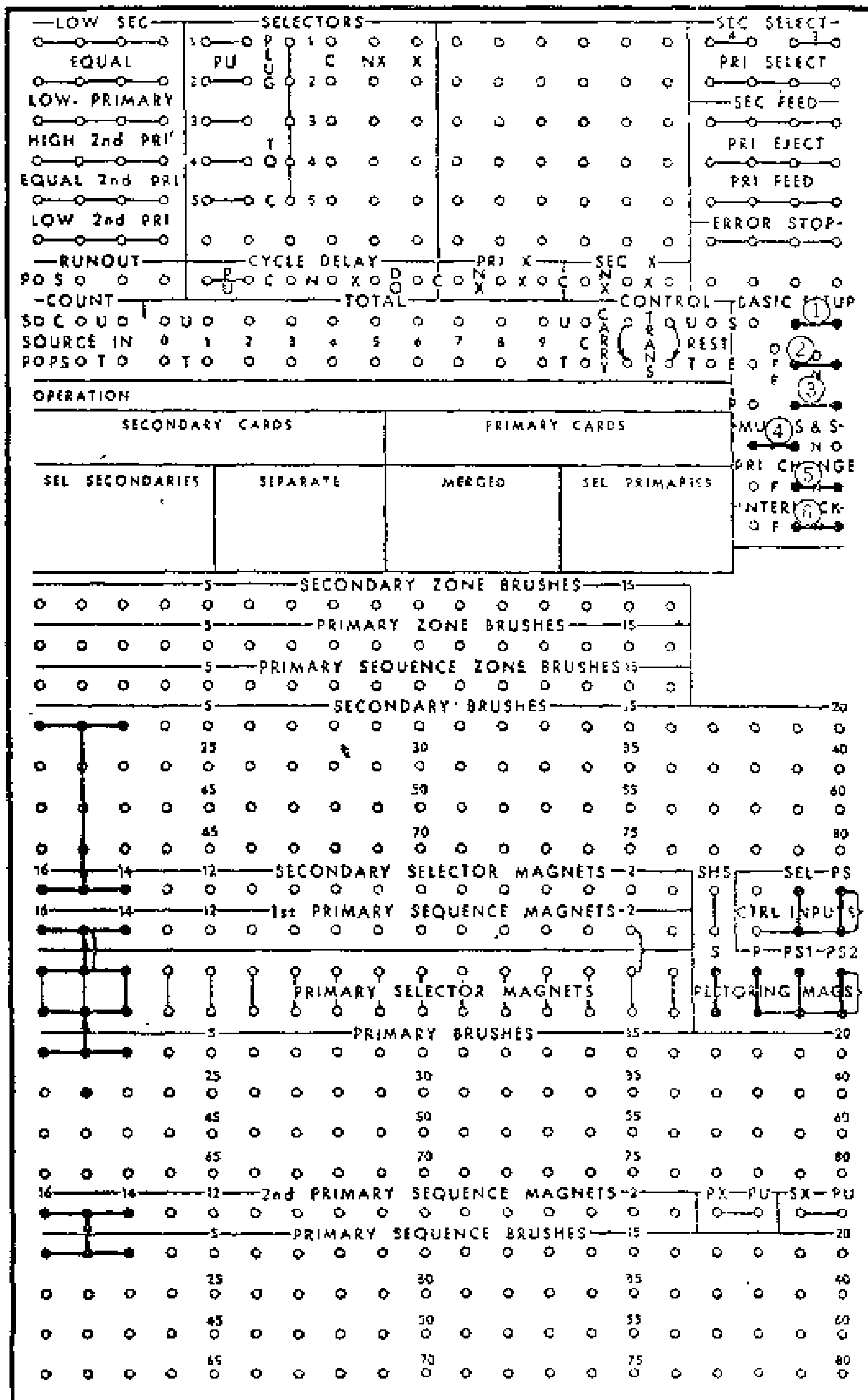

図6.4 混合(採用基本設置方式)

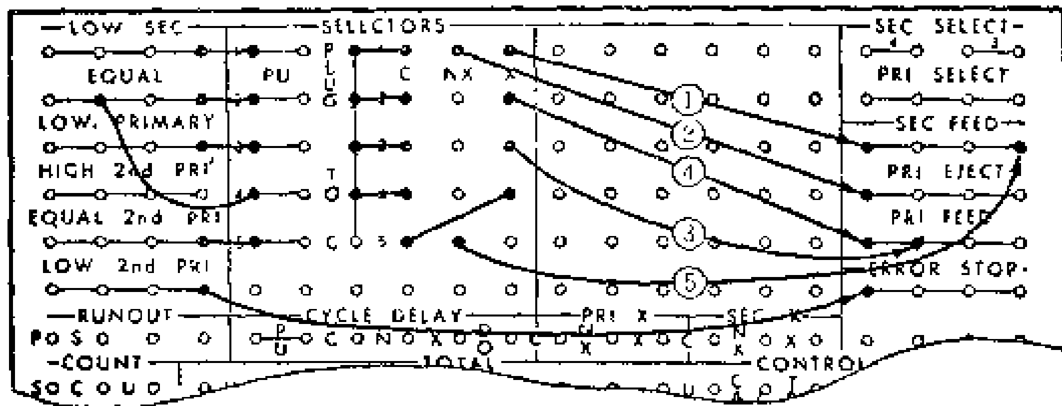

图 6.5 混合(采用其他方式)

把它送到 PRI SELECT 的插孔，卡片就会落到受卡斗 1 中。这个場合，在比較周期后立刻进行选擇，因此前面的那張卡片就落到受卡斗 1 中去。⑩：只使用第一通路时，把 INTERLOCK 放在 F(off)上。

［注］ 原則上是用从 PLUG TO C 插孔来的脉冲，作为 FEED, EJECT, SELECT 等的指令脉冲。判别大小結果所发出的脉冲，也可象 ⑧ 和 ⑨ 那样直接用作这些指令，但是在复杂的配綫中最好还是由它启动选擇器，再由这个选擇器选出从 PLUG TO C 来的脉冲作为指令(见图 6.5)。

例 2 試将两組卡片($A_1, A_2, \cdots$ 的一組和 $B_1, B_2, \cdots$ 的一組)混合起来，使成 $A_1B_1A_2B_2\cdots$ (混合)。

象图 6.3 那样地配綫，把 A 組放进第二送卡斗，B 組放进第一送卡斗，之后开机。卡片在每一周期中被送出来，都落到受卡斗 2 中。这时，因第二路卡片的路程短一些，所以 A_1 先落进去，在下一周期中 B_1 和 A_2 一起(B_1 在下面)落进去，以下同样地进行。

［注］ 在这个場合中，卡片的穿孔内容完全不需加以考慮，因此，也可用来混合空白卡片❶。

例 3 試将分别按 C1～3 上的号碼順序排的两組卡片，依号碼的順序混合起来。

配綫布置成象图 6.4 那样，一組放入第一送卡斗，另一組放入第二送卡斗，然后开机。

❶ 有时要混合色彩不同的空白卡片。——譯者注

COLLATOR, TYPE 77 CONTROL PANEL

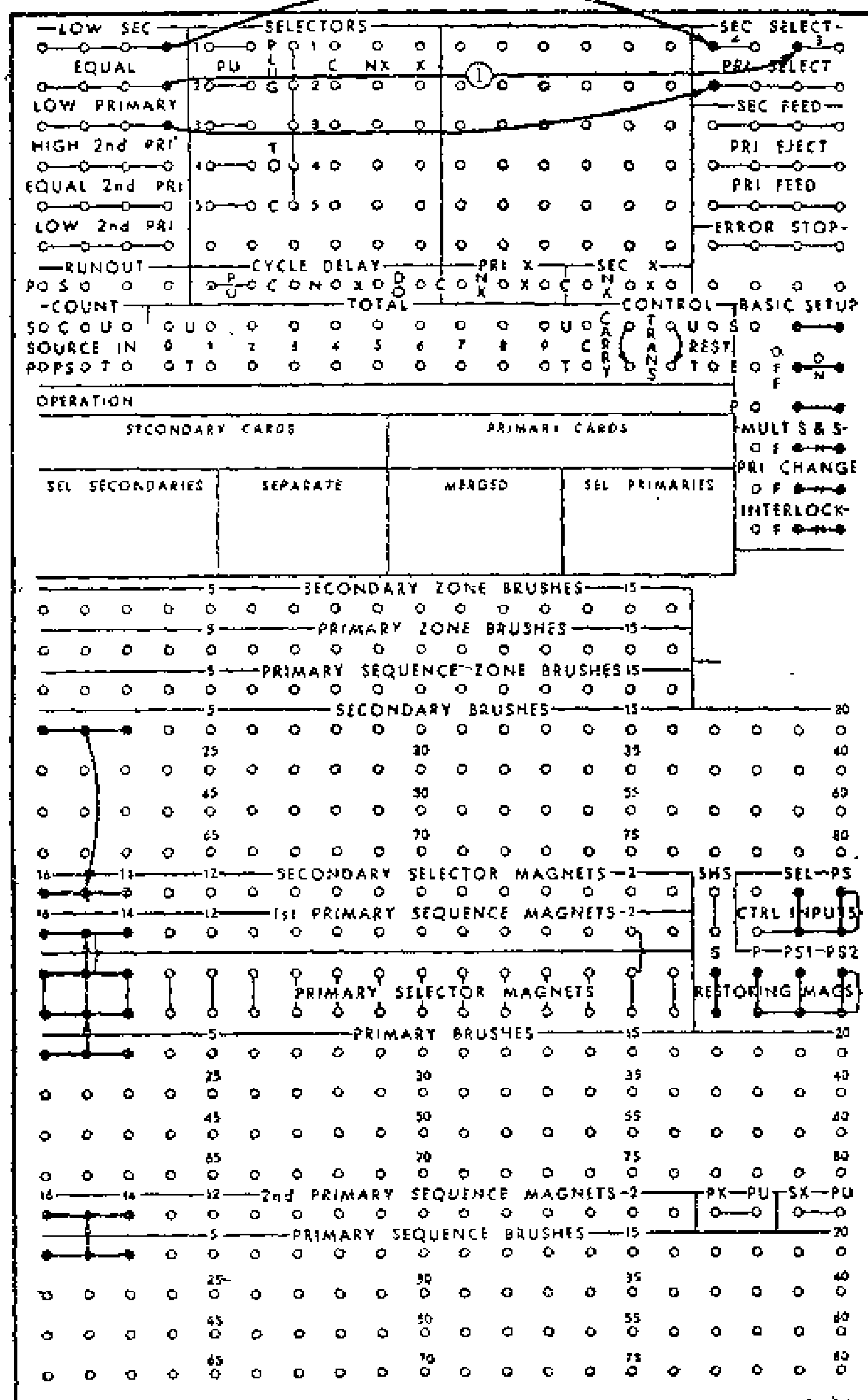

图 6.6

[配綫說明] 图 6.4 和图 6.5 上相同号碼的配綫是(大体上)互相对应的。依靠这些配綫,当第一电刷和第二电刷(图 6.1)讀出的号碼在选擇器中比較的結果是 LOW PRIMARY(第一通路方面的号碼小)或是 EQUAL(相等)时,则第一通路的卡片被送出;結果若是 LOW SECONDARY,则第二通路的卡片被送出。此外,这个比較結果是 EQUAL,但序列裝置中的比較結果不是 EQUAL,在这場合下靠⑤将第二通路卡片送出(最后的这根配綫即使沒有,等到下一个周期,第二通路卡片也会被送出来;但有了这根配綫,使第一通路和第二通路卡片同时被送出,因此可节約一些时間)。

例 4 有分别按 C1~3 上的号碼順序排好的两組卡片。試把各組分成与另外一組有相同号碼的卡片組和沒有相同号碼的卡片組(配合)。

配綫布置成象图 6.6 那样,将一組卡片放入第一送卡斗,另一組放入第二送卡斗,然后开机。卡片就象图 6.7 那样地落下来。

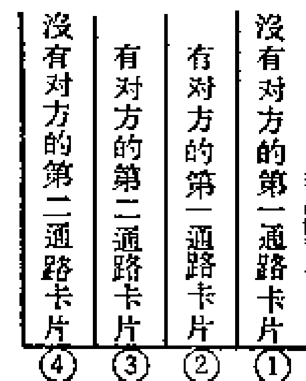

图 6.7 配合的結果

[注] 在图 6.6 上,若去除配綫①,则一方面可去除掉沒有对方的卡片,另一方面也可把有对方的卡片依号碼順序混合起来(merging with selection)(混合好的卡片落到受卡斗②中)。

§7 計算穿孔机

602A 型計算穿孔机(calculating punch)可以进行加减乘除以及把这些組合起来的各种計算。原則上是将作为問題給出的数值以穿在卡片上的孔的形式送入机械,同时解答的数值也以卡片孔的形式取出来。

卡片(向下,"9"的一边在前)从漏斗进来,經过 20 根控制讀取电刷和 80 根讀取电刷,进入穿孔庫。从这里再前进到穿孔台上,一直进到由跳跃杆(skip bar, skip stop insert)所指定的位数,等候穿孔的指令。穿好孔后,就向下地送到受卡盒中。

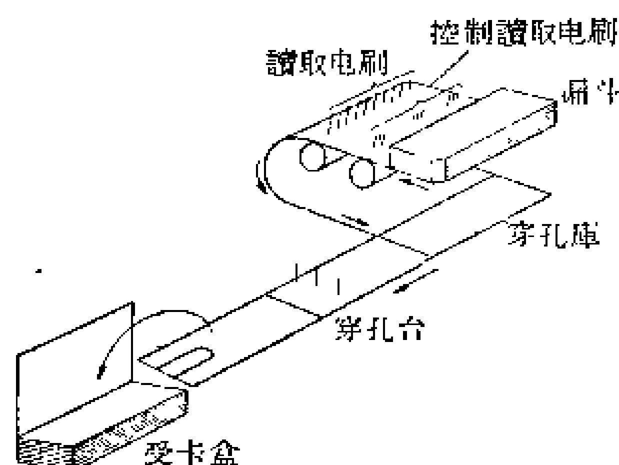

图7.1 計算穿孔机卡片的傳动方式

图7.2 跳 跃 杆

新的数值一进入記忆数値的存储器 (storage)，其中旧的数値就自动地消失。(1)，(2)，(3)，(4)，(6)，(7) 这六个存储器是标准的，各分为 L (左) 和 R (右)。写入(read in＝RI)必須对 L 和 R 同时进行，但是讀出(read out＝RO)可以分别进行。(1R)在乘法运算时放进乘数(multiplier)，除法运算时放进除数(divisor)，分别起着特别的作用。(6)，(7)是穿孔存储器，要在卡片上穿孔的数值必須先放到这里。

[1]，[2]，[3]，[4]，[5]，[6] 这六个計数器是标准的。放进

表7.1 $(A\times B+C)$

PROGRAM STEP	OPERATION	STORAGE (1R)	COUNTER [1, 2, 3]	COUNTER [5, 6]
P_0		RI A		
P_1	MPLY		$+A\times B$	
P_2		RI D	$+C$	
P_3	DIVIDE	RO	–	$+Q$
P_4			RE	RO & RE to 5

数値时必須送入指明是正或是負的指令。回到"0"(清除)时,送入复原(reset=RE)指令。这也可以与讀出同时进行,也可以另外进行。相邻的計数器可以耦合 (couple)使用。作除法运算时,普通是把被除数(dividend) 放入 [1, 2, 3] (3 个耦合在一起的計数器)中。

例 1 对穿在一張卡片上的 4 个数值 A, B, C, D, 进行計算 $(A\times B+C)\div D=Q$, 把解答 Q 穿在同一張卡片上。

卡片的設計象图 7.3 那样, A, B, C, D 的小数点都是在第 1 个数字和第 2 个数字之間(就是說都是×▲××××形式的数字)。Q 要四舍五入到小数第 4 位,而以×××▲××××的形式表达出来。

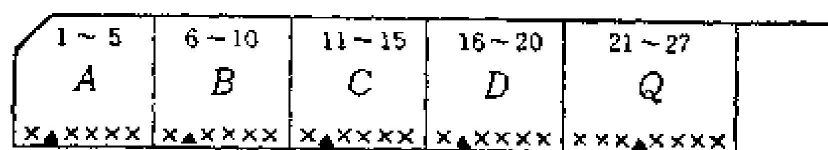

图 7.3 卡片的設計

計算的計划定为象表 7.1 那样的計划表(planning chart)。

$\div D=Q$ 的計划表

STORAGE (2L)	STORAGE (2R)	STORAGE (3L)	STORAGE (6)	备　考
RI B	RI C	RI D		
RO				
	RO	RO		
			RI & P Q	READ

根据这个計划所連接的配綫如图7.4所示。

讀　入　①，②，③：把 READ CYCLES (P_0) 的脉冲引到存儲器 (1)，(2)，(3) 的 READ IN 插孔，送入讀入指令。④～⑦：把讀取电刷从卡片上讀出的 A，B，C，D 分別送入存儲器 (1R)，(2L)，(2R)，(3L) 中。

乘法运算　⑪：把从 PROGRAM EXIT 1 (P_1) 来的脉冲送入 MPLY (multiply)，使机械处于乘法运算的状态。⑫：把計数器[1]，[2]，[3]耦合起来[把[3]的 CI (carry impulse, 进位脉冲) 連結到[2]的 C (carry, 进位)，[2]的 CI 連結到[1]的 C，然后再把[1]的 CI 連結到[3]的 C (carry back, 向后进位)]。⑬～⑮：把 P_1 連到計数器[1]，[2]，[3]的 PLUS，送入加法指令(这时乘法运算 $A\times B$ 的結果带正号)。⑯：把 P_1 連到存儲器 (2L) 的 READ OUT，送入讀出指令。⑰：把存儲器(2L)中的数值 B 从 TRANSFER EXIT 送到計数器[1, 2, 3]的 ENTRY(注2)。(机械处于乘法运算的状态时，进入計数器的全部数值都乘上 (1R) 中的数。移位在机械的內部是自动进行的。)

加法运算和轉移　㉑：把 P_2 連到(1R)的 RI。㉒：把 P_2 連到[1, 2, 3]的 PLUS。㉓，㉔：把 P_2 連到 (2R) 和 (3L) 的 RO。㉕：把 (2R) 中的 C 連到[1, 2, 3]，并和其中的 $A\times B$ 相加(注2)。結果在[1, 2, 3]得 $A\times B+C=P$。㉖：使 (3L) 中的 D 轉移到(1R)。(为了避免④和㉖的分裂接綫 (split wiring)，可把④改为④′。)

[注1]　把数值从一存儲器轉移到另一存儲器时，在作成象㉖那样的通路后，要分別向两个存儲器給出象㉔、㉑那样的 RO 和 RI 的指令。又在計数器中进行加法运算时，在作成象㉕那样的数值通路后，要給予象㉓、㉒那样的 RO 和 PLUS 指令。加减运算和轉移可以在同一程序步驟上进行(在乘法和除法运算的步驟上不能进行其他的动作)。

除法运算　㉛：把 P_3 連到 DIVIDE，使机械进入除法运算的状态。㉜：把 P_3 連到(1R)的 RO。㉝，㉞：把 P_3 連到[1, 2, 3]的 MINUS。㉟，㊱：把 P_3 連到[5, 6]的 PLUS。㊲：把[5]和[6]耦合起来。㊳：把数值 D 从(1R)的 TRANSFER EXIT 連到[1, 2, 3]的 ENTRY(注2)。——若无㉛而有㉜，㉝，㊳，則只是进行从[1, 2, 3]中的数值 P 减去(1R)中的数值 D 的計算；但是有了㉛，就会自动地移位，得出商 Q，将所有的数都乘上 Q 倍，而送入計数器，于是就在[1, 2, 3]得到“余数” $P-Q\times D$。㊴：把从 QUOT (quotient) 来的脉冲連到[5, 6]。可以认为是在除法运算步驟上从 QUOT 跑出了

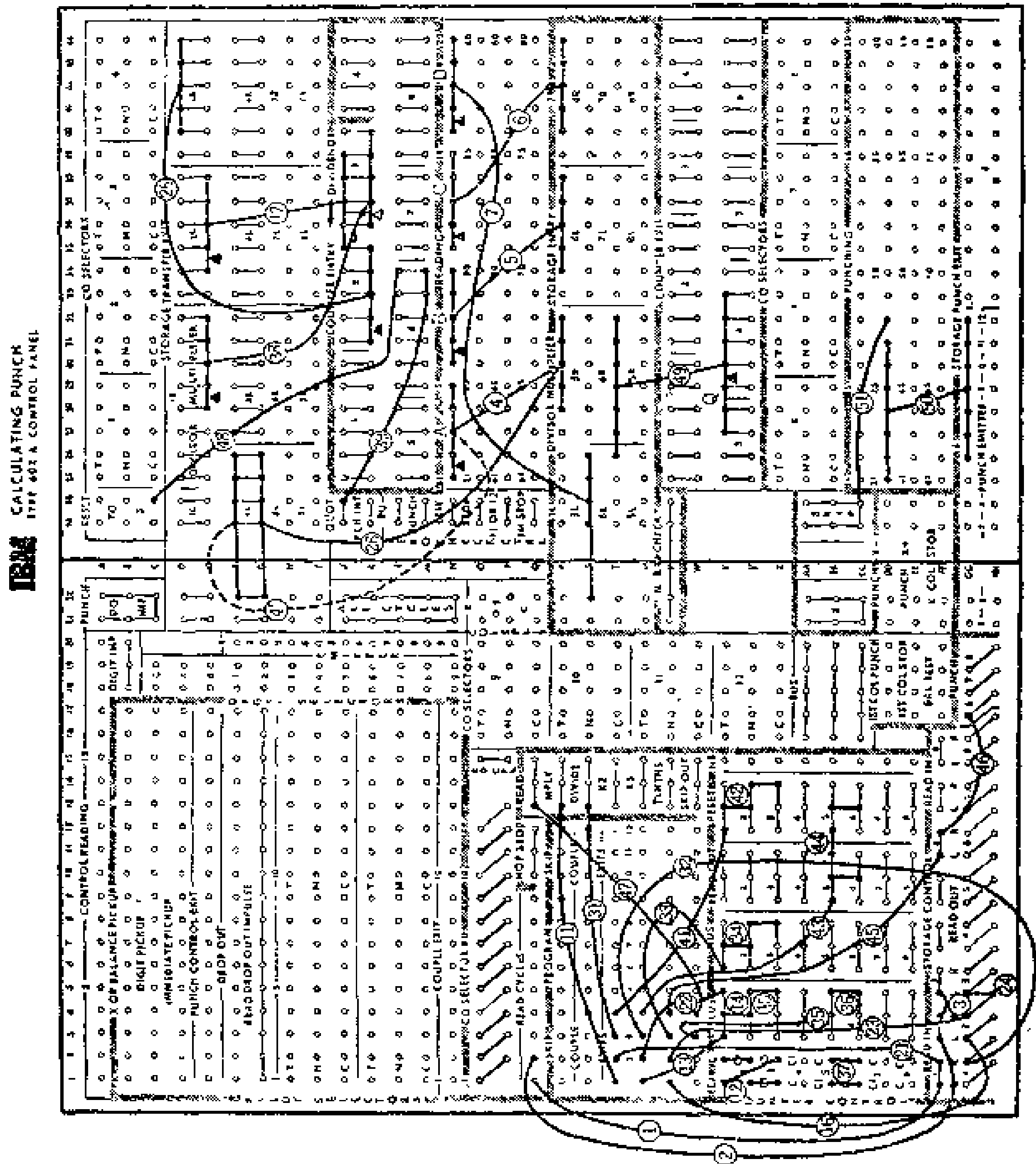

图7.4 $(A\times B+C)\div D=Q$ 的配綫

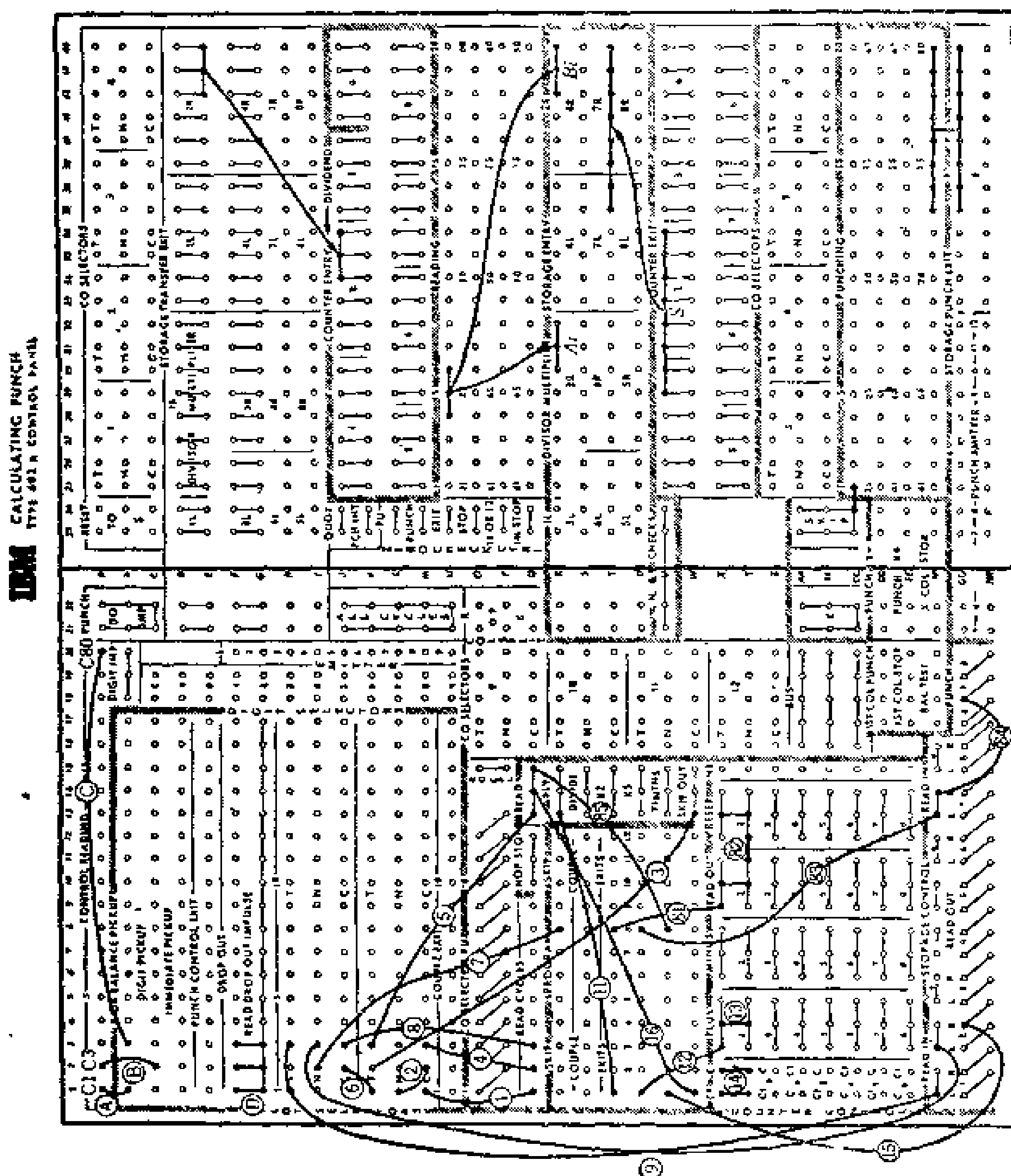

図7.5　$\sum A_i \times B_i = S$ 的配綫

一个"1"。它象上面所說的那样乘上 Q 倍而进入[5, 6](由 ㉟㊱ 使其为正)，因此就得出商 Q.

清除和穿孔 ㊶，㊷：把 P_4 連到[1, 2, 3]的 RESET，清除在那里的余数。㊸，㊹：把 P_4 連到[5, 6]的 READ OUT 和 RESET. ㊺，㊻：把 P_4 連到(6)的 READ IN 和 PUNCH。㊼：把 P_4 連到 READ，指令在程序步驟 4 的下一步是进行下一張卡片的讀取周期(忘了这根配綫，机械就会在 P_4 以后进行杂乱的程序 P_5, P_6, …)。㊽：把从 RESET TO 5 来的脉冲連到[5,6]. 这样一来，[5, 6] 被清除时，在那个位数上留下"5"。因此，在这上面加上 Q 以后，就可讀出上一位数，从而进行四舍五入。㊾：把在[5, 6]得出的 Q 移到存儲器(6)(注 2)。㊿：把(6)的 PUNCH EXIT 和 PUNCHING 的21～27連結起来。这样就使(6)的內容在卡片的 C21～27 上穿成孔。被指令穿孔的存儲器的最低位必須同 PUNCHING 連結起来(否則，机械就会停車)。(51)：把 SKIP 和 PUNCHING 的 28 連結起来。对于穿了孔的最后一位的前一位必須作这根配綫(否則，卡片还沒出来，机械就已停車)。穿孔到 C80 时，把 SKIP 和 PUNCHING 的 1 連結起来。

[注 2] 对于小数点位置的原則如下：——乘法运算时，小数点向左移动的位数，等于(1R)中所有数(乘数)的小数点后数值的位数。在目前这个例子中，因为(1R)中有的数是 ×▲×××× 形式的数，所以要向左移 4 位。除法运算时，把(1R)的最低位連結到[1, 2, 3]的最低位。并且一定要使机械內部的移位在 7 位以內就得出商来。(否則，机械在很长的計算后会得出錯誤的解答。若除数是 0，則得出的商为 0.) 因此，商最大可求到 8 位。商的小数点后的位数，等于被除数的小数点和对应于配綫㉘决定的除数的小数点位置之間的位数(在这个例子中是 5 位)。配綫 ⑰，㉕，㊳，㊾ 是为了在最后一位上四舍五入而得到小数点后 4 位的数值。

[注 3] ㊿的配綫看起来好象是把从 STORAGE PUNCH EXIT 来的脉冲傳到 PUNCHING；但实际上却相反，而是从 PUNCHING 送出脉冲进入 STORAGE PUNCH EXIT ((51)也是这样)。这一点在用选擇器选擇这个脉冲时很重要。

[注 4] 跳跃杆(图 7.2)的 SKIP STOP INSERT 必須插入穿孔的最初一位上(在本例中是 C21)。否則，就会把孔穿錯或停車。

例 2 有 n 張在 C4～6 上穿孔数值 $A_i(i=1, \cdots, n)$的 A 卡片

表 7.2 $S=\sum A_i \times B_i$ 的計划表

卡片	PILOT SELECTOR (X1) 1	(D3) 2	(X80) 3	PROGRAM STEP	OPERATION	STORAGE (1R)	COUNTER [1, 2]	STORAGE (2R)	STORAGE (7)	备考
A	N	T	T	P_0		RI A_i				SKIP OUT, READ
B	N	T	N	P_0 P_1	 MPLY		 $+A_i \times B_i$	RI B_i RO		SKIP OUT READ
解答	T	N	N	P_0 P_8			RO RE S		RI P S	SKIP to P_8 READ

和 n 張在 C4～6 上穿孔数值 $B_i(i=1, \cdots, n)$ 的 B 卡片。双方在

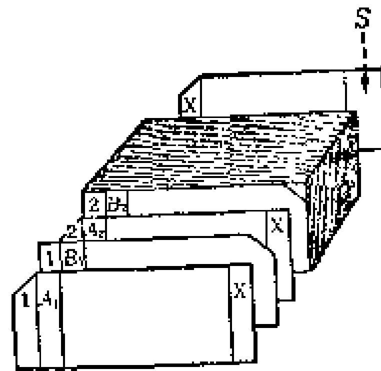

图 7.6 卡片的排列方式

C1～3 上都有一串号碼 001～n，但是只有 A 卡片的 C80 上穿有 X 孔。試求 $S=\sum A_i\times B_i$。

先用校对机把两組卡片混合起来(§6，例 2)。再在最后面放上一張除了在 C1 上穿 X 孔外全空白的解答卡片。让它們通过象图 7.5 那样配綫的 602A 計算穿孔机(图 7.6)。这样，解答就被穿在最后面那張空白卡片的 C73～80 上。

[配綫說明] 图 7.5 的配綫計划表如表 7.2 所示。

选擇器 在标准的机械上有 7 个領示选擇器(pilot selector)。这里使用其中的 1，2，3。Ⓐ：領示选擇器 1 是用控制讀取电刷讀出的 C1 的"X"来启动的。Ⓑ：領示选擇器 2 同样是用 C3 的数字来启动的。Ⓒ：領示选擇器 3 同样是用 C80 的"X"来启动的。Ⓓ：每一个領示选擇器都是在从 READ DROP OUT 发出脉冲时退出(这样作，就可在讀取周期結束的瞬間回到 N (normal))。因为 A 卡片在 C1 沒有"X"，在 C3 有数字，在 C80 有"X"；所以在 A 卡片的讀取周期中，領示选擇器 1，2，3 各在 N (normal)，T (transferred)，T 的状态下。同样，在 B 卡片的讀取周期中为 N，T，N；在解答卡片的讀取周期中为 T，N，N 的状态。

[注 1] 控制讀取电刷有 20 个。哪一个配在哪一行上根据不同的机械而有所不同。图 7.5 上是第 1 号配在 C1 上，第 2 号在 C3 上，第 20 号在 C80 上。这个配置方式不能随便更改。卡片的設計是应該配合所使用的机械来考虑的。

讀入和空白 ①, ②, ③: 使 P_0 (讀取周期) 通过領示选擇器 1 的 C-N 和 2 的 C-T, 而連到 SKIP OUT。于是,当 1 是 N 而 2 是 T 时,即 A 卡片或 B 卡片时,卡片不被穿孔而落入受卡盒。

④, ⑤: 使 P_0 通过領示选擇器 3 的 C-T, 而連到 READ. 于是, A 卡片的讀取周期的下一步不進行程序步驟 1, 而进入下一張卡片的讀取周期。(但是在这种場合下,立即在下一个周期进行下一張卡片的控制讀取, 因此正确地說,只等了一个周期后就进入了讀取周期。)

⑥, ⑦: 使 P_0 通过領示选擇器 1 的 C-T 和 2 的 C-N, 而連到 PROGRAM SKIP 的 8. 于是在 1T 和 2N 时, 即解答卡片时, 讀取周期的下一步就进行程序步驟 8. (P_1 到 P_{12} 中的任何一个都可代替 P_8 来使用。)

⑧, ⑨: 若是 3T, 指令存儲器 (1) 进行 RI; 若是 3N, 指令存儲器 (2) 进行 RI. (这样作,在解答卡片时 (2) 也进行 RI,但并沒有害处。)

乘法运算 ⑪: P_1→MPLY. ⑫, ⑬: P_1→[1, 2]+. ⑭: 計数器[1], [2]耦合。⑮: P_1→(2R)RO. ⑯: P_1→READ.

結果穿孔 ㉛, ㉜: P_8→[1, 2]RO, RE. ㉝, ㉞: P_8→(7)RI, P. ㉟: P_8→READ.

到此,左側的配綫完成了。右側,先从 READING 的 4~6 到(1R), (2R), 再从(2R)到[1, 2], 然后从 [1, 2] 到 (7) 作好通路, 最后連結 PUNCHING 73~80 和 (7) 的 STORAGE PUNCH EXIT, 再把 PUNCHING 1 和 SKIP 連結起来就算完成了(参看例 1 中㊾的說明)。

第3章 統計分析

§8 因素分析

有 m 个 s 水平的因子的 s^m 型因素分析設計，在 s 是素数或素数冪时，可以利用 Galois 域的計算得到巧妙的設計和分析（参看本丛书，森口：統計分析，§13）．在所謂混杂法、部分实施法或正交陣列中，普通使用的几乎全都是属于这种类型的設計。

可以方便地利用穿孔卡計算机来制定这种类型的实驗設計或分析实驗数据这一点，是 C. R. Rao (1951) 提出来的，并且得到增山元三郎的介紹和簡化 [品质管理，**6**(1955)，553～6；**7**(1956)，13～21]。

这里举一个用数目为 9 的区組进行 3^3 型因素分析的例子❶来考察一下。

步驟1 决定卡片的設計 例如作成象图 8.1 那样。

1～2	3	4	5	6～7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21～24	25～26	
实驗号碼	重复号碼	区組号碼	实驗順序	卡片号碼	A	B	A B	A B^2	C	A C	A C^2	B C	B C^2	A B C	A B C^2	A B^2 C	A B^2 C^2	随机数	数据	

图 8.1 卡片的設計

步驟2 进行实驗号碼、卡片号碼和各因素水平的穿孔 卡片的 C6～20 是用复写穿孔机，从 3^4 型的原版卡片❷的 C1～15 复

❶ 这种类型的实驗的例子見 Cochran-Cox: Experimental Design (Wiley, 1950), 44～53。[1957 年修訂版，196～203。——譯者註]

❷ 对于 2^6, 3^4, 4^3, 5^3, 7^3, 8^3 和 9^2 型，制有穿孔全部因素水平的原版卡片。参看森口：パンチカードによる要因分析，日本規格協会，QCC-OLD_{60} 資料 1 (1956)．

写下来(§5, 例1)(81張原版卡片的最初54張使用两次)。与此同时，在C1～2上集体穿孔实验号碼(§5, 例2)，C6～7实际上不使用。若从C8～20来看，则得到了4組完全相同的卡片。

步驟3 进行重复号碼和随机数的穿孔 分别在上述4組卡片的C3上集体穿孔重复号碼1, 2, 3或4，同时取随机数卡片❶的任意4位在C21～24上复写穿孔。

步驟4 进行区組号碼和实験顺序的穿孔 取重复1的27張卡片，依C24, 23, 22, 21和17的次序分类。这样，卡片先依ABC的水平(C17)的次序分成3份，每份有9張，在其中各依随机数(C21～24)的大小次序排列起来。把每9張的最初的1張从随机数小的开始依次取出。将它們放上复写穿孔机，一面把区組号碼穿到C4上，一面在C5上进行实験顺序的复写穿孔(若是1～9出現的一組卡片，实験顺序从哪一張取都可以)。再取重复2的27張卡片，除使用C18(ABC^2的水平)代替C17以外，进行完全同样的操作。重复3则使用C19(AB^2C的水平)，重复4使用C20(AB^2C^2的水平)来进行同样的操作。

步驟5 翻譯并且打印后交給实験者 把实験号碼(C1～2)，重复号碼(C3)，区組号碼(C4)，实験顺序(C5)和因子A, B, C的水平(C8, 9, 12)翻譯打印到各自的卡片上面(§4, 例)，再用会計机把108張卡片全部記录下来(§3, 例1)。根据把卡片或把記录报告交給实験者，对各个重复号碼的3个区組的每一个，指定送入的因子組合的顺序。

步驟6 进行实験数据的穿孔 实験結束后，把数据穿到C25～26上，用檢孔机檢查。

步驟7 記录实験数据 108張卡片全部記录下来，这是为了

---

❶ 例如可以利用JIS随机数卡片(40数字×1000張)。浦 昭二：第2回PCセミナーテキスト，C6-2，日科技連，1956.

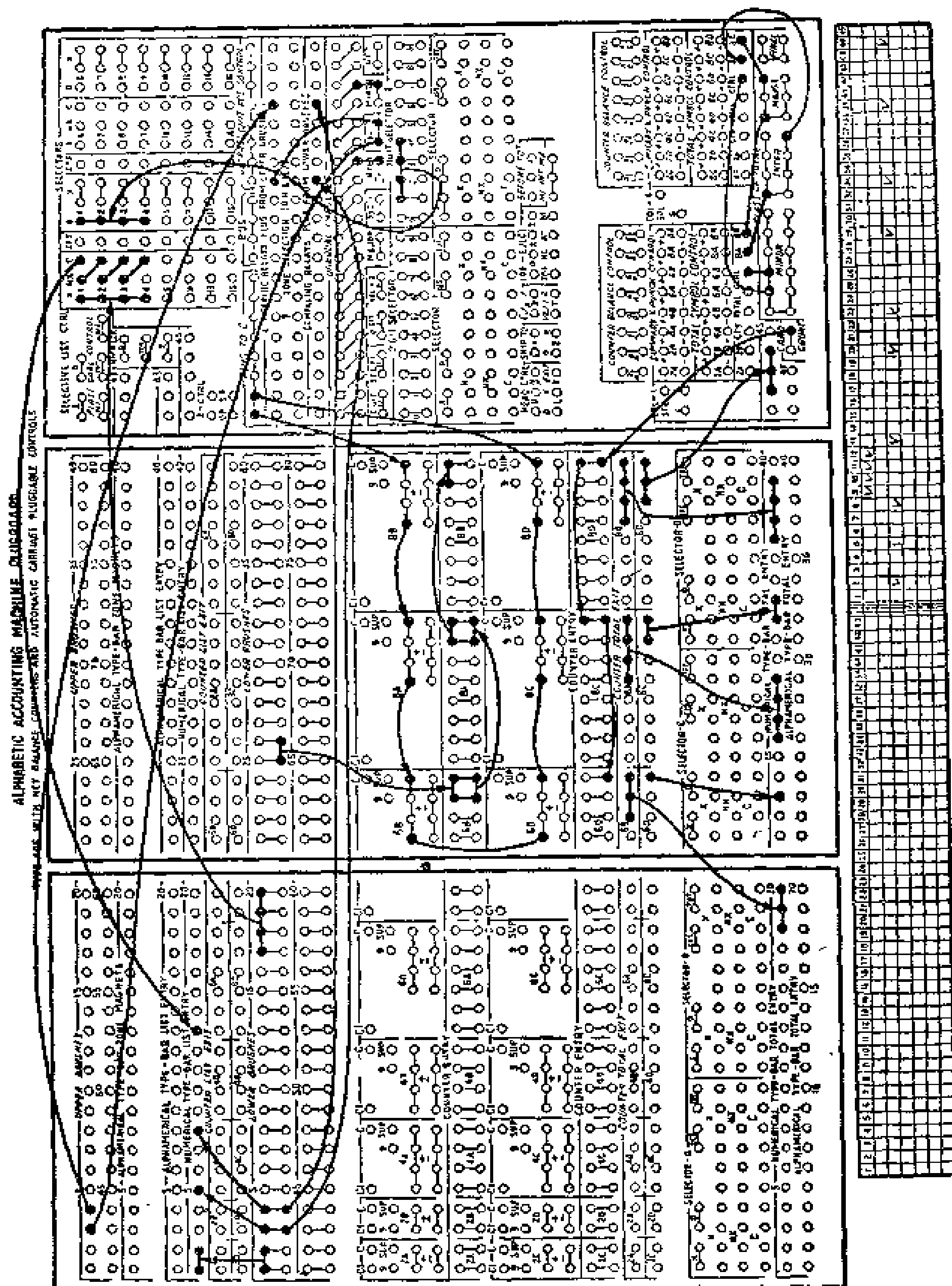

图8.2 区組小計、電复中計及总計的計算

以后参考方便。

步驟8 計算不同区組小計，不同重复中計和总計 对C4用MINOR的控制，对C3用INTERMEDIATE的控制，計算重复内不同区組的小計和不同重复的中計，最后作为MAJOR打印数据的总計。再把C. C.（卡片計数）的脉冲送到另外的3个計数器中，把卡片的張数也記录下来。配綫如图8.2，得出的結果如图8.3所示。

步驟9 計算各个因素的不同水平小計 对于因素A，計算水平0, 1, 2下的数据的小計 A_0, A_1, A_2，同时計算总計 G. 为此可以先对A的水平(C8)进行分类，之后用控制把小計打印出来，但

1957-6-4(二)

3^3型混雜法

实験号碼	重复号碼	区組号碼	混雜的因素水平	区組小計	(卡片張数)	重复中計	(卡片張数)	总計	(卡片張数)
			(ABC)						
35	1	1	1	302	9				
35	1	2	2	290	9				
35	1	3	0	311	9				
						903	27		
			(ABC^2)						
35	2	1	0	197	9				
35	2	2	2	232	9				
35	2	3	1	233	9				
						662	27		
			(AB^2C)						
35	3	1	2	134	9				
35	3	2	0	308	9				
35	3	3	1	251	9				
						693	27		
			(AB^2C^2)						
35	4	1	2	394	9				
35	4	2	0	171	9				
35	4	3	1	354	9				
						919	27	3177	108

图8.3 区組計，重复計，总計

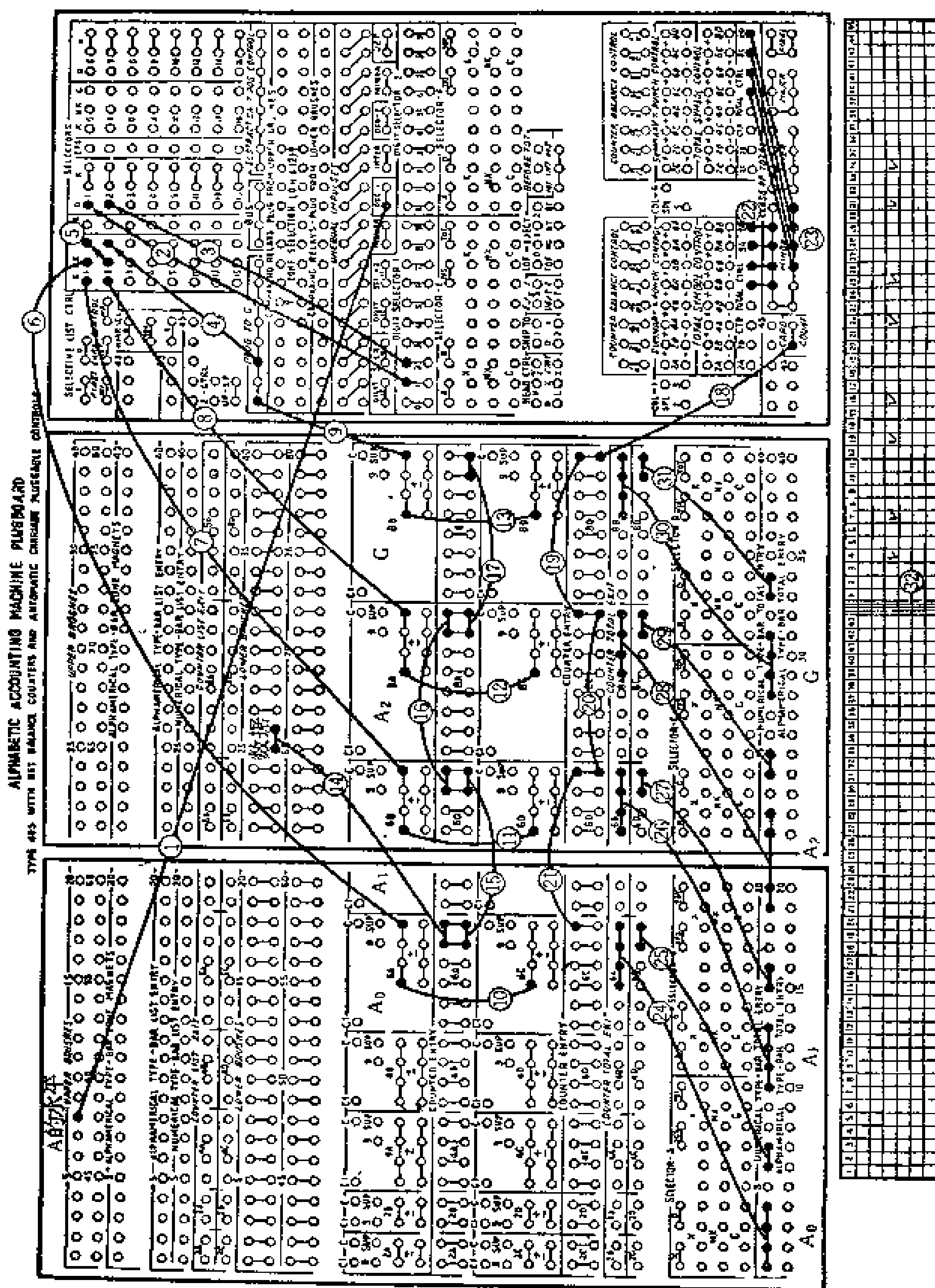

图 8.4 3^3型因素分析：不同水平的小計

在 3^m 型上也可使用下面所說的更为簡单的方法(分配法)。

把 108 張卡片任意排列起来，通过象图 8.4 那样配綫的会計机。全部通过时，机械一次就把图 8.5 的第 1 行打印出来 再把配綫①移到 C9，进行同样的操作，就印出第 2 行。以下同样地进行直到第 13 行(AB^2C^2 的不同水平的小計)。

[配綫要点] (i)在計数器 [6A]，[6B]，[8A] 和 [8B] 中分别得出 A_0，A_1，A_2 和 G. 在[6C]，[6D]，[8C]和[8D]中分别得出卡片張数。

(ii) 用上电刷讀出因子 A 的水平 i，将它送入数字选擇器，依靠从它的"1"插孔来的脉冲启动选擇器 1，依靠从它的"2"来的脉冲启动选擇器 2(①，②，③).

(iii) 选擇器 1，2 随 $i=0, 1, 2$ 而处于如表 8.1 所示的状态，因此如④，⑤，⑥，⑦，⑧ 那样地配綫时，PLUG TO "C"的脉冲就随 $i=0, 1, 2$ 分别傳到[6A]，[6B]，[8A]的+插孔。

(iv) 卡片全部通过时，由自动发生的 MINOR TOTAL CYCLE 淸除全部的計数器，并进行打印(㉒，㉓).

1957-6-4(二)

3^3 型混雜法
各个因素的不同水平的小計

因素	实驗号碼	水平 0		1		2		計	
		小計	張数	小計	張数	小計	張数	計	張数
A	35	1199	36	1049	36	929	36	3177	108
B	35	1188	36	1058	36	931	36	3177	108
AB	35	1018	36	1134	36	1025	36	3177	108
AB^2	35	1119	36	1045	36	1013	36	3177	108
C	35	1138	36	1044	36	995	36	3177	108
AC	35	1159	36	1062	36	956	36	3177	108
AC^2	35	1067	36	1071	36	1039	36	3177	108
BC	35	1119	36	1036	36	1022	36	3177	108
BC^2	35	1070	36	1085	36	1022	36	3177	108
ABC	35	1082	36	1104	36	991	36	3177	108
ABC^2	35	1025	36	1079	36	1073	36	3177	108
AB^2C	35	1119	36	1113	36	945	36	3177	108
AB^2C^2	35	944	36	1102	36	1131	36	3177	108

图 8.5 不同水平的小計

表 8.1 选擇器的状态

i	选擇器 1	选擇器 2
0	N	N
1	X	N
2	N	X

X 时，C—X 連結着，
N 时，C—NX 連結着。

步驟 10 調整有混杂的因素的小計 例如，对于因素(ABC)有重复 1 的区組效应混杂进来，因此要把它减去。为此可以用图 8.3 中打印的(ABC)的水平为根据。在目前的場合为

$$
\begin{aligned}
(ABC)'_0 &= 1082-311=771\\
(ABC)'_1 &= 1104-302=802\\
(ABC)'_2 &= \ \ 991-290=701\\
\hline
\text{計} & \qquad\qquad 2274
\end{aligned}
$$

对于 (ABC^2)，(AB^2C)和(AB^2C^2) 也进行同样的計算。这种計算利用算盘或台式計算机較好。

步驟 11 計算原始数据的平方和 108 个数据本身自乘再計总。若用 602 A 算，可以根据与表 7.2 相同的計划。因为在这个場合沒有 A 卡片与 B 卡片的区别，可以同时把同样的数值讀入(1R)和(2R)，所以就显得更为簡单。同样的計算也可用会計机进行(progressive digiting)。

步驟 12 計算平方和成分，作出方差分析表 利用图 8.3，图 8.5 和步驟 10 的結果进行計算。計算利用台式計算机。結果如表 8.2 所示。

[計算概況] 重复間平方和 $=(903^2+\cdots+919^2)/27-3177^2/108=2041.88$，重复内区組間平方和 $=(302^2+290^2+\cdots+354^2)/9-(903^2+\cdots+919^2)/27=5008.15$，A 的主效应的平方和 $=(1199^2+1049^2+929^2)/36-3177^2/108=1016.67$，交互作用 A×B 的平方和 $=\{(1018^2+\cdots+1025^2)/36-3177^2/108\}+\{(1119^2+\cdots+1013^2)/36-3177^2/108\}=399.27$，因素(ABC)

表8.2 方差分析表

因素		平方和	自由度	无偏方差
重复間		2041.88	3	680.63
重复内区組間		5008.15	8	626.02
A		1016.67	2	508.34**
B		917.39	2	458.70**
C		293.39	2	146.70
A×B		399.27	4	99.82
A×C		589.61	4	147.40
B×C		212.89	4	53.22
A×B×C（調整后）	ABC	198.30	2	99.15
	ABC^2	6.39	2	3.20
	AB^2C	64.22	2	32.11
	AB^2C^2	25.21	2	12.60
誤差		4146.88	70	59.24
計		14920.25	107	— —

的平方和$=(771^2+802^2+701^2)/27-2274^2/81=198.30$，总平方和＝原始数据平方和$-3177^2/108=14920.25$，誤差平方和$=14920.25-(2041.88+\cdots+25.21)=4146.88$.（表8.2中的**表示高度显著。）

§9 自相关

对于时間序列 $x_1, x_2, \cdots, x_N$ 进行如下的計算：

$$\sum_{t=1}^{N-k} x_t x_{t+k} \quad (k=0, 1, 2, \cdots),$$

在 N 超过100时，若要对几个 k 进行，则会出現相当龐大的計算。

在602 A 計算穿孔机上进行这种計算时，一般依照图9.1那样的步驟❶。就是，准备两組（A組和B組）穿有 $x_1, x_2, \cdots$ 的卡片，錯开 k 張在校对机上混合起来（§6，例2），在它下面放上收受解答的后底卡片(trailer card, T卡片)，通过602 A 进行 $\sum A_i\times B_i$

❶ 藤川洋一郎：时系列の解析，第2回PCセミナーテキスト，C3-2，日科技連，1956.

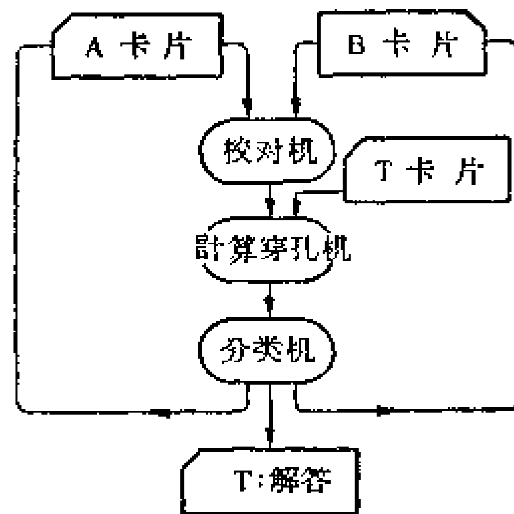

图 9.1 时間序列分析的程序框图

$=S$ 的計算(§7, 例 2)。完了后,用分类机分开 A 和 B, 变更錯开的張数 k, 再进行同样的操作。这时,最好先計算好

$$x_t' = x_t + x_{t+1} + \cdots + x_N \quad (t=1, 2, \cdots, N),$$

再对几个 k 計算

$$\sum_{t=1}^{N-k} x_t x_{t+k}'.$$

这样,可以利用下式:

$$\begin{aligned}(\sum x_t)^2 = \sum x_t^2 + 2(\sum x_t x_{t+1} + \sum x_t x_{t+2} + \cdots \\ + \sum x_t x_{t+k-1} + \sum x_t x_{t+k})\end{aligned}$$

进行驗算。

再者,位数允許的話,象下面的例子那样,在 B 卡片上把 x_t, x_{t+1}, x_{t+2} 排列起来穿孔,可以同时計算 $\sum x_t x_{t+k}$, $\sum x_t x_{t+k+1}$, $\sum x_t x_{t+k+2}$.

例❶ 每隔 2 毫秒所测定的圓柱背后湍流速度的观测值以 x_i 表示,計算

---

❶ J. Kondo and R. Kobayashi: "Anisotropy in a turbulent wake behind a circular cylinder," Proc. 6th. Nat. Congress Theo. Appl. Mech., 1957, 303~310.

$$\sum_{t=1}^{100} x_t x_{t+k} \quad (k=0,\ 1,\ 2,\ \cdots,\ 100).$$

卡片的設計如图 9.2 所示。A 卡片用鍵盘穿孔机穿好，B 卡片就利用机械照它复写下来。T 卡片只要放上 3 張空白卡片就行了。

A卡片(只有第一張是X1)

1~2 实驗号碼 n	3~5 t	6~8 x_t		80 X

B卡片

1~2 实驗号碼 n	3~5 t	6~8 x_t	9~11 $t+1$	12~14 x_{t+1}	15~17 $t+2$	18~20 x_{t+2}		79 X

T卡片

1~2 实驗号碼 n	3~5 $k+1$	6~13 $\Sigma x_t x_{t+k}$	

图 9.2　卡片的設計

配綫的計划表如表 9.1 所示，配綫則如图 9.3。

[注 1]　把讀取电刷讀出的 C1 的脉冲送进 COL SPLIT (column split)，分开数字 "9"～"0" 的脉冲和 "X" 的脉冲，把前者送到存儲器 (3L)，后者送到領示选擇器 1 的 X OR BALANCE PICKUP. 依靠它，在 C1 上有 "X" 的卡片 (A_1 卡片) 通过讀取电刷的周期以后，領示选擇器 1 立刻就处于 T 状态，一直保持到其后第一个讀取周期(卽 B_1 卡片的讀取周期)結束为止。

[注 2]　补充选擇器 (co-selector) 的启动是利用从領示选擇器的 COUPLE EXIT 或 PROGRAM COUPLE 来的脉冲。在前一場合中，它成为領示选擇器的延伸部分(图 9.3 上，例如 co-selector 1, 5, 6 成为 pilot selector 6 的延伸部分)。在后一場合中，它构成了由 PROGRAM STEP 开閉的通路 (图 9.3 上，co-selector 4 的 C–T 在 P_6 时是开放的通路)。

[注 3]　图 9.3 的 pilot selector 6, 7 用于周期循环 (cycling). 它們在 B_1 卡片的讀取周期的"9"时退出，以后一直处于 NN 状态。在 T_1 卡片(第一張 T 卡片) 的 P_6 时，从 EMITTER 来的"9"脉冲通过 co-selector 4 的 C–T,

表9.1 $\sum x_t x_{t+k}$, $\sum x_t x_{t+k+1}$, $\sum x_t x_{t+k+2}$

卡片	PILOT SELECTOR (R:X1) 1	(X80) 2	(X79) 3	(cycl-ing) 6	7	PROG.STEP	OPER.	STOR. (1R)	COUNTER [1,2]	[3,4]	[5,6]	STORAGE (2L)	(2R)	(3L)	(3R)	(6)	(7)	备考
A	N	T	N			P_0		RI x_t										SKIP OUT
						P_1												READ
B 第1	T	N	T			P_0						RI x_{k+1}	RI x_{k+2}, x_{k+3}	RI $n, k+1$	RI $k+2$ $k+3$			SKIP OUT
其他	N	N	T			P_0						RI x_{t+k}	RI x_{t+k+1}, x_{t+k+2}					SKIP to P_3
						P_3	MPLY		$+x_t \cdot x_{t+k}$	$+x_t \cdot x_{t+k+1}$	$+x_t \cdot x_{t+k+2}$	RO	RO					READ
T	N	N	N			P_0												SKIP to P_6
第1				N	N	P_6			RO RE					RO	RO	RI, P $n, k+1$	RI, P $\sum x_t x_{t+k}$	READ
第2				T	N	P_6				RO RE				RO	RO	RI, P $n, k+2$	RI, P $\sum x_t x_{t+k+1}$	READ
第3				T	T	P_6					RO RE			RO	RO	RI, P $n, k+3$	RI, P $\sum x_t x_{t+k+2}$	READ

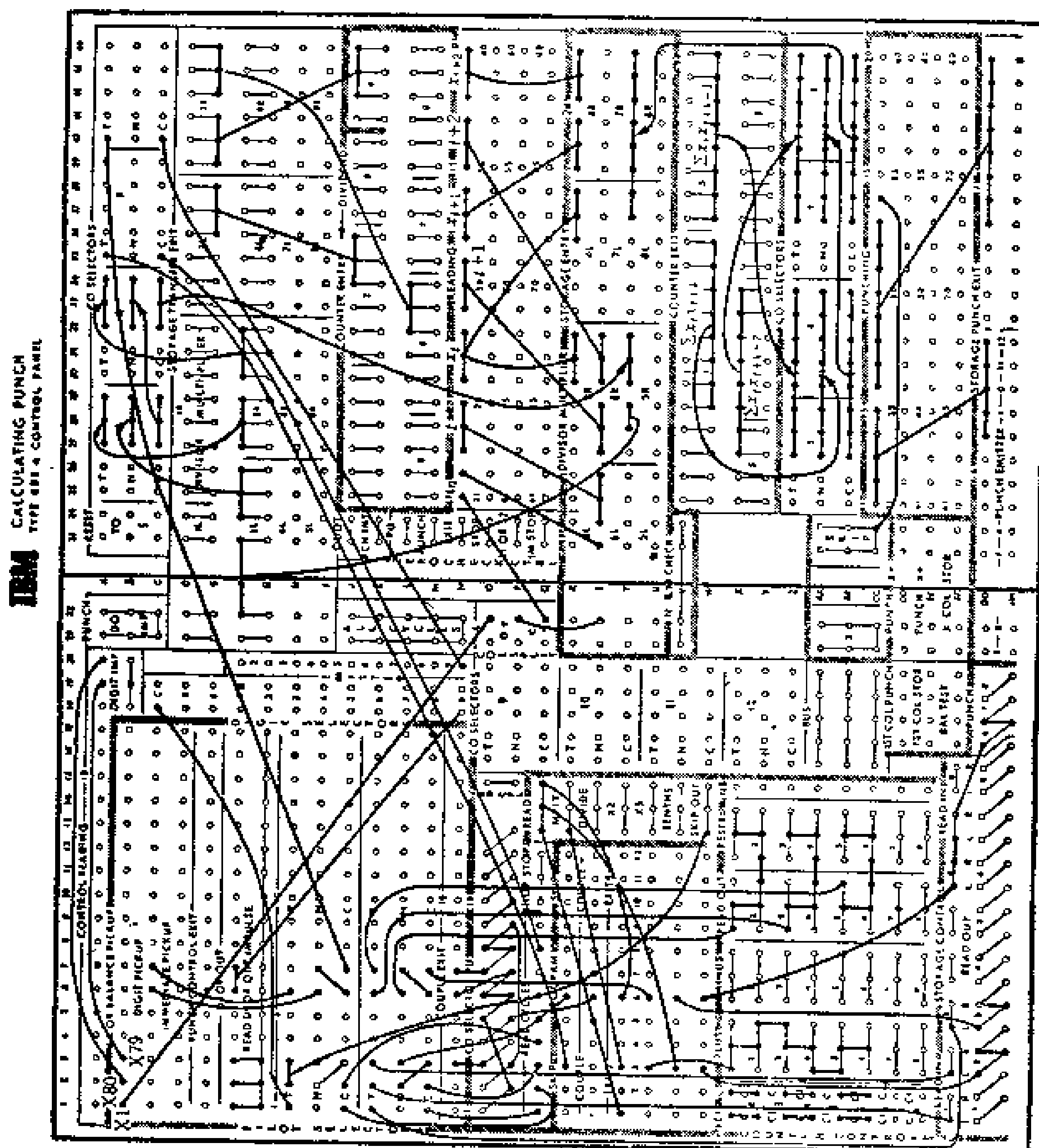

图 9.3 $\sum x_t x_{t+k}$, $\sum x_t x_{t+k+1}$, $\sum x_t x_{t+k+2}$ 的計算

pilot selector 7 的 C–N 和 6 的 C–N，进入 pilot selector 6 的 DIGIT PICK-UP，因此在 T_2 卡片的 P_6 时处于 TN 状态。这时，"9"的脉冲进入 pilot selector 7 的 DIGIT PICKUP．所以在 T_3 卡片的 P_6 时是处于 TT 状态。利用这样的变化，区别 T_1，T_2，T_3 卡片，从而分开了讀入存儲器(6)，(7)的数值。

§10 回 归 分 析

在分析符合綫性回归模型(参看本丛书，森口：統計分析，§1)

$$y_\alpha=\beta_0+\beta_1 x_{\alpha 1}+\cdots+\beta_p x_{\alpha p}+\varepsilon_\alpha \quad (\alpha=1, \cdots, N) \quad (10.1)$$

的数据时，有必要先进行如下的計算：

$$\sum_\alpha y_\alpha,\ \sum_\alpha x_{\alpha i},\ \sum_\alpha y_\alpha^2,\ \sum_\alpha y_\alpha x_{\alpha i},\ \sum_\alpha x_{\alpha i}x_{\alpha j}. \qquad (10.2)$$

其后，又有必要进行解 $p+1$ 元的联立一次方程式，或是更进而求 $(p+1)$ 次矩陣的逆矩陣的計算。

例 母牛的出奶量 这个例子是：对总数約 $N=1000$ 头优級母牛，調查它們一年內的出奶量与胸圍 $x_{\alpha 1}$，胸高 $x_{\alpha 2}$，臀寬 $x_{\alpha 3}$ 等一共 $p=10$ 个变数之間存在的关系❶。对每一头牛用一張卡片，穿上 α，y_α，$x_{\alpha 1}$，…，$x_{\alpha 10}$，将卡片通过 602 A 計算穿孔机，計算(10.2)。与§9的例子一样，依靠有效地利用計数器的位数，可以每次求出 2 个到 3 个。

所需的时間，据説数据穿孔用了 10 小时，計算(10.2)的各个量(全部是 77 个)用了机械时間 2 小时。在这个例子中是用台式計算机解 11 元联立一次方程，但是用 602 A 計算穿孔机也可以解(参看下节)。

---

❶ 大江賢太郎氏の研究，補 昭二：第3回 PCセミナーテキスト，B2-2，日科技連，1957．

第4章　科学計算

§11 綫性計算

联立一次方程的求解、逆矩陣的計算、綫性规划的单純形計算等，都可以包括在綫性計算內。这些計算基本上是在矩陣

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \tag{11.1}$$

的一行上乘以一个一定的数，或是从一行减去另外一行的常数倍。把这两种演算組合起来，可以使第 i^* 行，第 j^* 列的元素为 1，而第 j^* 列的其他元素为 0 ("sweep out")。这就是說，对于第 i^* 行进行下列演算：

$$a'_{i^*j} = a_{i^*j}/a_{i^*j^*} \qquad (j=1, \cdots, n), \tag{11.2}$$

对于其他的行进行下列演算：

$$\begin{aligned} a'_{ij} &= a_{ij} - \frac{a_{ij^*}a_{i^*j}}{a_{i^*j^*}} \\ &= a_{ij} - a_{ij^*}a'_{i^*j} \qquad (i \neq i^*;\ j=1, \cdots, n), \end{aligned} \tag{11.3}$$

結果就成为具有下列形式的矩陣：

（第 j^* 列）

$$\begin{matrix} \\ \\ \\ (\text{第 } i^* \text{ 行}) \\ \\ \\ \end{matrix} \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \cdots & 0 & \cdots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \cdots & 0 & \cdots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a'_{i^*1} & a'_{i^*2} & \cdots & 1 & \cdots & a'_{i^*n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a'_{m1} & a'_{m2} & \cdots & 0 & \cdots & a'_{mn} \end{bmatrix}. \tag{11.4}$$

这样，可以在任意的列上作出任意的单位向量(但 $a_{i^*j^*}=0$ 时除外)。适当地选擇 i^*, j^*, 重复这样的操作就可以达到目的(参看本丛书,森口·高田:数值計算法)。

現在介紹一个进行这种計算的 602 A 計算穿孔机的配綫的例子❶。卡片的設計如图 11.1 所示,并象表 11.1 那样将 A, B, C, C_X, D 卡片区别开。(D 以外的卡片在 C3 上有数字,利用这一点可将 D 与其他卡片区别开;而 A, B, C_X 则可借助于特殊的 X 穿孔与 C 卡片区别开。)

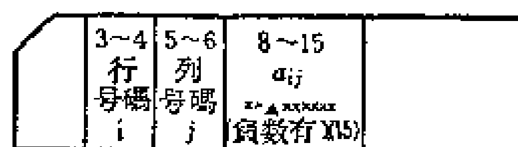

图 11.1 卡片的設計

表 11.1 卡片的种类

卡片	特征	計算上的用处
A	D3, X1	除数，被乘数
B	D3, X20	乘数
C	D3	加减运算的項
C_X	D3, X18	被除数
D	空白	收受解答的后底

配綫图从略,計划則大体上是：对于 C_X/A 的計算如表 11.2 所示,对于 $C-AB$ 的計算則如表 11.3 所示。

在进行(11.2)形式的計算时,把卡片依

$$A(a_{i^*j^*}),\ C_X(a_{i^*1}),\ D,\ C_X(a_{i^*2}),\ D,\ \cdots,\ C_X(a_{i^*n}),\ D$$

的次序遞进(括号中表示卡片上穿孔的数值)。在进行(11.3)的形式的計算时,把卡片依

$$A(a_{1j^*}),B(a'_{i^*1}),C(a_{11}),D,B(a'_{i^*2}),C(a_{12}),D,\cdots,B(a'_{i^*n}),C(a_{1n}),D,$$

❶ 駒志田 清：第2回 PC セミナーテキスト，C4-2，日科技連，1956.

表11.2 $C_X/A=D$

卡片	PROG. STEP	OPER.	STOR. (1R)	COUNTER [1,2,3]	COUNTER [5,6]	STORAGE (2)	STORAGE (3)	STORAGE (4)	PCH. STOR. (7)	备考
A	P_0					RI A				SKIP OUT, READ
C_X	P_0						RI C_X			SKIP OUT, SKIP to P_2
	P_2			$+C_X$			RO			
	P_3		RI A			RO				SKIP to P_5
	P_5	×0.5	RO	+						(为四舍五入用)
	P_6	DIVIDE	RO	−	$\pm Q$					
	P_7			RE	RO RE			RI Q		READ
D	P_0									
	P_1							RO	RI &P Q	READ

表11.3 $C-A\times B=D$

卡片	PROG. STEP	OPER.	STOR. (1R)	COUNTER [1,2,3]	COUNTER [5,6]	STORAGE (2)	STORAGE (3)	STORAGE (4)	PCH. STOR. (7)	备考
A	P_0					RI A				SKIP OUT, READ
B	P_0		RI B							SKIP OUT, SKIP to P_{11}
	P_{11}	MPLY		$\mp A\times B$		RO				
	P_{12}			RO				RI		READ
C	P_0						RI C			SKIP OUT, SKIP to P_2
	P_2			$\pm C$			RO			
	P_3			$\pm 5\times 10^{-7}$						(为四舍五入用)
	P_4			RO RE				RI		READ
D	P_0									
	P_1							RO	RI&P	READ

$A(a_{2j*}), B(a'_{i*1}), C(a_{21}), D, B(a'_{i*2}), C(a_{22}), D, \cdots, B(a'_{i*n}), C(a_{2n}), D,$

……………………………………………………………………

$A(a_{mj*}), B(a'_{i*1}), C(a_{m1}), D, B(a'_{i*2}), C(a_{m2}), D, \cdots, B(a'_{i*n}), C(a_{mn}), D$

的次序送进。

在鵜志田的配綫盘上，除了上面所說的以外，还作了一些其他的考慮，可以用来計算 $\sum A \times B$ 和 $\sum C$，或是檢查行号碼、列号碼，或是在解答卡片上作些适当的复写。

上述的作法对于穿有相同数值的B卡片各需要 $(m-1)$ 張。这只須在計算前面的(11.2)时各放入 $(m-1)$ 張D卡片。但是，也有把它集体穿孔在C卡片的别的場所再进行(11.3)形式的計算的方法。

在日本进行的綫性計算的实用例子，有与产业联关分析有关的20次和38次矩陣的逆矩陣計算❶，綫性規划的单純形計算❷(达 $m=30$，$n=60$ 程度)。

計算时間，約略地說，与 m^3 成比例。在602A的場合，当 $m=20$ 时，机械运轉时間大約10个小时。这个数字可以当作一个标准。

§12 定 积 分

計算函数 $f(x)$ 从 a 到 b 的积分时，常用Simpson公式：

$$\int_a^b f(x)dx = \frac{2h}{3}\left(\frac{1}{2}y_0 + 2y_1 + y_2 + 2y_3 + y_4 + \cdots + y_{n-2} + 2y_{n-1} + \frac{1}{2}y_n\right). \tag{12.1}$$

❶ 通商产业大臣官房調查統計部編：日本經済の产业連关分析(东洋經济新报社，1957)，后編第4章。

❷ 野村義茂：オペレーションズ・リサーチ，1 (1956)，201～205。

図12.1 定積分

表 12.1 数值积分(12.1)

卡片	PILOT SELECTOR (X1) 1	(X80) 2	(偶 3) 3	(奇 3) 4	PROG. STEP	OPER.	STOR. (1R)	COUNTER [1, 2]	COUNTER [3, 4, 5, 6]	STORAGE (2)	STORAGE (7)	SKIP
0, n	N				P_0					RI y		SKIP OUT
		T			P_1	$\times 0.5$		$+\frac{1}{2}y$		RO		READ
$0<i<n$	N				P_0					RI y		SKIP OUT
i=奇		N	N	T	P_1	$\times 2$		$+2y$		RO		READ
$0<i<n$	N				P_0					RI y		SKIP OUT
i=偶		N	T	N	P_1			$+y$		RO		READ
答	T				P_0		RI $\left(\frac{2h}{3}\right)$					SKIP to P_2
					P_2	MPLY		RO	$+1$			
					P_3			RE	RO RE to 5		RI P (1)	READ

式中 n 是偶数，$h=(b-a)/n$, $x_i=a+ih$, $y_i=f(x_i)$ $(i=0,1,\cdots,n)$.

用 602 A 計算穿孔机进行这个計算时，可以依照下列的安排：

(1) 預先把 y_i $(i=0, 1, \cdots, n)$ 的值穿在卡片上(若是簡单的函数，也可以与計算同时进行积分)。

(2) 也要留有号碼 i 的地位。但是能用 x_i 代替时也行。

(3) No. 0 和 No. n 的卡片的 C 80 上穿上 X 孔。这两張卡片的数值要乘上 1/2.

(4) No. i $(i=1, \cdots, n-1)$ 的卡片的数值，在 i 是奇数时乘上 2，偶数时不变；之后送入計数器。为此，用数字选擇器选擇号碼 i 的个位数字，若是偶数，启动領示选擇器 3，若是奇数，启动領示选擇器 4，依靠它們选擇从 PROGRAM EXIT 来的脉冲。

(5) 后底卡片的 C1 上穿上 X 孔，并且在适当的場所穿上 $2h/3$ 的数值。讀取这个数值以便在最后的乘法运算中用。解答就穿在这張卡片上。

根据以上的安排得出表 12.1 的計划表和图 12.1 的配綫图❶。

§ 13　代数方程

例如求四次方程

$$f(x)\equiv a_0x^4+a_1x^3+a_2x^2+a_3x+a_4=0 \qquad (13.1)$$

的根。若用 Newton 方法，則从某一第 1 近似 x_1 开始，反复使用

$$x_{n+1}=x_n-f(x_n)/f'(x_n) \qquad (n=1, 2, \cdots), \qquad (13.2)$$

計算第 2 近似 x_2，第 3 近似 x_3，…，直到 x_{n+1} 与 x_n 在所要的位数上一致时停止。(13.2)的 $f'(x)$ 是 $f(x)$ 的导数。

对于某一 α，令

❶ 高田 勝：第2回 PC セミナーテキスト，B4-4，日科技連，1956.

$$g(x)=b_0x^3+b_1x^2+b_2x+b_3 \tag{13.3}$$

为$(x-\alpha)$除$f(x)$所得的商，R为剩余；又令

$$h(x)=c_0x^2+c_1x+c_2 \tag{13.4}$$

为$(x-\alpha)$除$g(x)$所得的商，S为剩余，則有$R=f(\alpha)$及$S=f'(\alpha)$，同时，我們知道，$g(x)$，$h(x)$的系数和R，S可用下列的“綜合除法”求得：

$$\left.\begin{aligned} b_0&=a_0,\\ b_1&=a_1+\alpha b_0,\\ b_2&=a_2+\alpha b_1,\\ b_3&=a_3+\alpha b_2,\\ R&=a_4+\alpha b_3, \end{aligned}\right\} \tag{13.5}$$

$$\left.\begin{aligned} c_0&=b_0,\\ c_1&=b_1+\alpha c_0,\\ c_2&=b_2+\alpha c_1,\\ S&=b_3+\alpha c_2. \end{aligned}\right\} \tag{13.6}$$

現在來說明用602A进行上述計算和(13.2)的計算的方法[1]。先将卡片的設計作成象图13.1那样。計划表如表13.1所示。配綫图則从略。[这个計划只要增加細目卡片(detail card)的張数，对于任何次方程都可同样使用。]

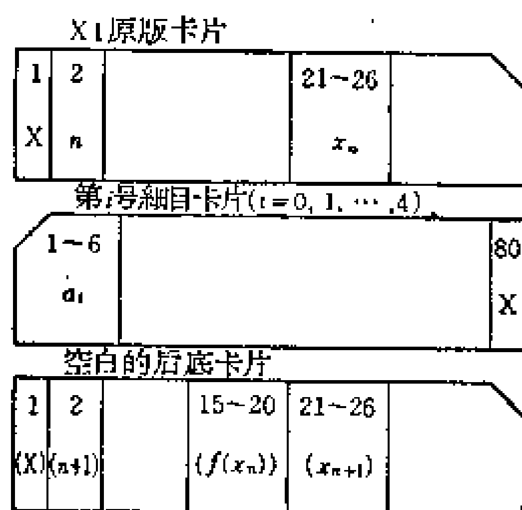

图13.1 卡片的設計

操作是先准备5張(一般說，k次方程要$k+1$張)把系数a_i穿上孔的細目卡片。若它前面放上

[1] 近藤謙造：第1回 PCセミナーテキスト，B 4-3，1955；高田 勝：第2回 PCセミナーテキスト，B 4-4，1956；鴨志田 清：PC資料 No. 53，1956.

表 13.1 $x_n - f(x_n)/f'(x_n) = x_{n+1}$

卡片	PIL. SEL. (X1) 1	PIL. SEL. (X80) 2	PROG. STEP	OPER.	STOR. (1R)	COUNTER [1, 2, 3]	COUNTER [4, 5, 6]	STORAGE (2R)	STORAGE (3L)	STORAGE (3R)	STORAGE (4L)	STORAGE (4R)	STORAGE (6R)	STORAGE (7)	备考
原版	T	N	P_0		RI x_n			RI x_n	RI 0	RI 0	RI 0	RI 0			SKIP OUT, READ
細目	N	T	P_0										RI a_i		SKIP OUT, SKIP to P_6
			P_6	MPLY		$\pm b_{i-1}\times x_n$	$\pm c_{i-2}\times x_n$		$(\|b_{i-1}\|)$	$(\|b_{i-1}\|)$ RO	$(\|c_{i-2}\|)$	$(\|c_{i-2}\|)$ RO			
			P_7			$\pm a_i$	$\pm b_{i-1}$		RO				RO		Pil. Sel. 5: NB[1,2,3] Pil. Sel. 6: NB[4,5,6] DROP OUT, PICK UP
			P_8			RO RE b_i	RO RE c_{i-1}		RI b_i	RI b_i	RI c_{i-1}	RI c_{i-1}			5N, 6N →READ 5N, 6T →P_{11}
			P_9			—			RO						
			P_{10}			RO RE $\|b_i\|$			RI $\|b_i\|$	RI $\|b_i\|$					5T, 6N →READ
			P_{11}				—				RO				
			P_{12}				RO RE $\|c_{i-1}\|$				RI $\|c_{i-1}\|$	RI $\|c_{i-1}\|$			READ
后底	N	N	P_0						$(\|f(x_n)\|)$	$(\|f(x_n)\|)$	$(\|f'(x_n)\|)$	$(\|f'(x_n)\|)$			
			P_1		RI $\|f'(x_n)\|$	$+\|f(x_n)\|$			RO			RO			
			P_2	DIV	RO	—	$+Q$								
			P_3			RE			RO					RI&P $f(x_n)$	Pil. Sel. 5, 6 DROP OUT
			P_4				$\pm x_n$	RO							
			P_5				RO RE x_{n+1}							RI&P x_{n+1}	READ

穿有 $x=x_1$ 的 X1 原版卡片，而在后面则放上 1 張空白卡片，送进机械。这样，后底卡片就在 C1 上穿上"X"，在 C15～20 上穿上 $f(x_1)$，在 C21～26 上穿上 x_2，而后出来。把它作为新的 X1 原版卡片进行同样的操作，就出来 x_3，这样地进行到 x_{n+1} 与 x_n 几乎完全一致时（或 $f(x_n)$ 变得充分小时）停止。在某个实例中，从 x_n 进到 x_{n+1} 的一步計算大約化費了 20 秒（在四次方程的場合）。到收斂为止有 3 分钟就够了。

一般是根据第 1 近似 x_1 的取法而向不同的根收斂。开始先使 $x_1=0, 1, -1, 2, -2, \cdots$（用与上述同样的操作），求出 $f(x_1)$，把 $f(x)$ 的图形的大致情况画下来，这样对計算会很方便。

［配綫要点］ 表 13.1 的計划中，在 No. i 細目卡片时，指令进行

$$a_i+b_{i-1}x_n=b_i, \quad b_{i-1}+c_{i-2}x_n=c_{i-1}$$

的計算（但是 $b_{-1}=c_{-2}=c_{-1}=0$）。計数器[1, 2, 3]和[4, 5, 6]之中，在 P_7 終了时，若是負的，就利用从 NB (negative balance) 的插孔发出的脉冲，分别启动領示选擇器 5,6. 若 5 是 T（[1,2,3]之中所有的 b_i 是負的），就在 P_9, P_{10} 时把它变为 $|b_i|$；若 6 是 T（c_{i-1} 是負的），就在 P_{11}，P_{12} 时把它变为 $|c_{i-1}|$，并儲存起来。在最后的細目卡片通过以后，存儲器(3)中应有 $|f(x_n)|$，(4)中应有 $|f'(x_n)|$，因此在后底卡片上进行除法运算 $f(x_n)/f'(x_n)$，求出 x_{n+1}，同 $f(x_n)$ 一起穿孔送出。

§14 常微分方程

对一阶常微分方程

$$\frac{dy}{dx}=f(x, y), \tag{14.1}$$

在初始条件：$x=x_0$，$y=y_0$ 下求解时，可用 Runge-Kutta 方法。根据这个方法，在从点 (x_n, y_n) 推进到下一个点：

$$x_{n+1}=x_n+h, \quad y_{n+1}=y_n+k \tag{14.2}$$

时，应进行下列計算：

表 14.1 $dy/dx=f(x,y)$的积分

PILOT SELECTOR (X1) 1	(cycling) 2	3	4	PROG. STEP	OPER	STOR (1R)	COUNTER [1,2,3]	[4,5]	[6]	STORAGE (2R)	(3R)	(4R)	(6)	(7)	備考
T				P_0							RI x_0	RI y_0	RI x_0	RI y_0	SKIP OUT READ
N				P_0							(x_n)	(y_n)	(x_n)	(y_n)	
	N	N	N	P_1~P_7				$hf(x_n,y_n)$ ←			←	←			
				P_8				RO RE k_1		RI k_1					
				P_9			$+k_1$			RO					
				P_{10}	×0.5			$+k_1/2$	$+h/2$	RO					
				P_{11}				$+y_n$	$+x_n$				RO	RO	
				P_{12}				RO RE y'_n	RO RE x'_n		RI x'_n	RI y'_n			
	T	N	N	P_1~P_7				$hf(x'_n,y'_n)$ ←			←	←			
				P_8				RO RE k_2		RI k_2					
				P_9	×2		$+2k_2$			RO					
				P_{10}	×0.5			$+k_2/2$	$+h/2$	RO					
				P_{11}				$+y_n$	$+x_n$				RO	RO	
				P_{12}				RO RE y''_n	RO RE x''_n		RI x''_n	RI y''_n			
	T	T	N	P_1~P_7				$hf(x''_n,y''_n)$ ←			←	←			
				P_8				RO RE k_3		RI k_3					
				P_9	×2		$+2k_3$			RO					
				P_{10}				$+k_3$	$+h$	RO					
				P_{11}				$+y_n$	$+x_n$				RO	RO	
				P_{12}				RO RE y'''_n	RO RE x'''_n		RI x'''_n	RI y'''_n			
	T	T	T	P_1~P_7				$hf(x'''_n,y'''_n)$ ←			←	←			
				P_8				RO RE k_4		RI k_4					
				P_9		RI "6"	$+k_4$		$+h$	RO					
				P_{10}	DIV	RO	—	$+Q=k$							
				P_{11}			RE	$+y_n$	$+x_n$				RO	RO	
				P_{12}				RO RE y_{n+1}	RO RE x_{n+1}		RI x_{n+1}	RI y_{n+1}	RI x_{n+1}	RI y_{n+1}	READ
N	T	T	T	P_0									Pch	Pch	

$$
\left.\begin{aligned}
k_1 &= hf(x_n,\ y_n), \\
k_2 &= hf(x_n+h/2,\ y_n+k_1/2), \\
k_3 &= hf(x_n+h/2,\ y_n+k_2/2), \\
k_4 &= hf(x_n+h,\ y_n+k_3), \\
k &= (k_1+2k_2+2k_3+k_4)/6.
\end{aligned}\right\} \tag{14.3}
$$

若函数 $f(x, y)$ 是象 $-y$, $y+x^2$ 或 $y-y^2$ 这样簡单的函数，则这些計算可以用 602 A 象表 14.1 那样地来进行❶。

表 14.2 $h(y-y^2)$ 的計算部分

1	2 3 4	PROG.	OPER.	(1R)	[1,2,3]	[4,5]	[6]	(2R)	(3R)	(4R)	(6)	(7)	备考
		P_1		RI y		$+hy$			(x)	(y) RO			
		P_2	MPLY	RO		$-hy^2$							SKIP to P_8

表 14.1 中，$P_1 \sim P_7$ 的部分是用来从 x, y 計算 $hf(x, y)$ 的。例如 $f(x, y)=y-y^2$ 时，象表 14.2 那样作就行了(P_1, P_2 之間将計数器[4, 5, 6]耦合使用)。

在用来送入初始値 x_0, y_0 的 X1 卡片的后面，随便放进多少張空白卡片。放进多少張空白卡片，就計算多少步数，解答被穿在各張卡片上送出。然后由会計机将它們記录下

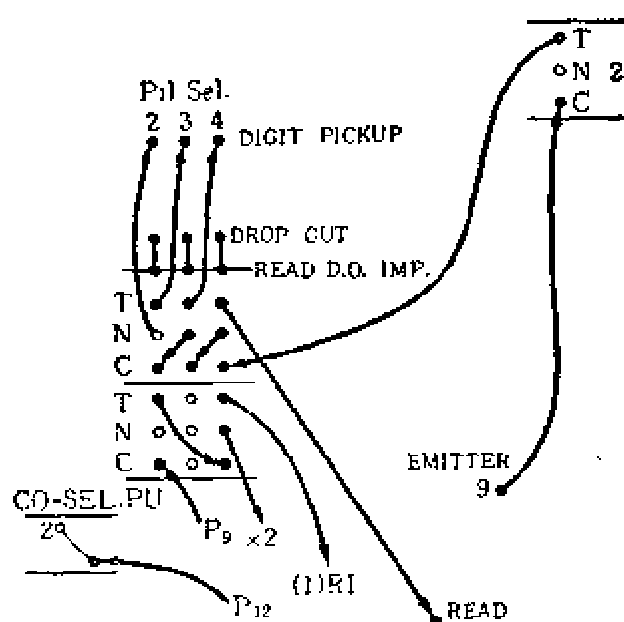

图 14.1 周期的循环

---

❶ 藤川洋一郎：602 A 計算穿孔机による微分方程式の解法，第 2 回 PC セミナーテキスト，B 4-6，日科技連，1956.

来。

［配綫說明］ 对領示选擇器2, 3, 4进行象图14.1那样的周期循环的配綫，就可利用NNN, TNN, TTN, TTT的状态变化来选择P_9和P_{10}的脉冲。

机械在READ插孔上沒有收到脉冲时，从P_{12}回到P_1，一直重复程序。若作成了具有上面那样的配綫，則$P_1 \sim P_{12}$重复4次后，就在最后的P_{12}上脉冲进入READ，而轉入了下一張卡片的讀取周期。在这个周期結束时，領示选擇器2, 3, 4回到NNN.

§15 万能計算盘

島內❶想出了在602A計算穿孔机上进行卡片程序設計的方法，并将为了达到这个目的的配綫盘命名为万能計算盘。

卡片的設計如图15.1所示。其他各栏用作数值的号碼和卡片的排列号碼。C41～80留为空栏，这样，把卡片反过来还可再使用一次。变动小数点的位置时，为了便于記忆，用C23～24上穿了孔的数字来表示(这个穿孔与机械沒有关系)。

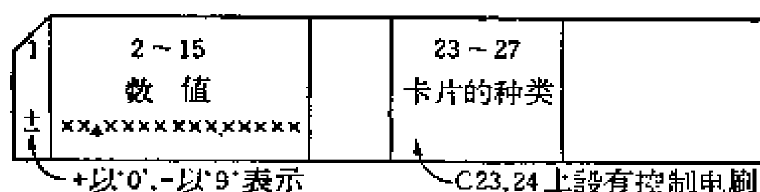

图15.1 卡片的設計

卡片的种类和它的操作如表15.1中所示(C23～27上有无X穿孔，在表中以×○表示)。

A,B,C是存数室，D是計算室。A使用(1L),(1R),(2R)；B使用(3L),(3R),(4L),(4R)；C使用(6L),(6R),(7R)；D使用把[1, 2, 3, 4, 5, 6]耦合起来的30位計数器(只有在进行除法运

❶ 島內武彥："万能計算盘"，日科技連，第2回PCセミナーテキスト，B3 (1956)。

表 15.1 卡片的种类和操作

名称	C23	C24	C25	C26	C27	数值	操作	备考
甲	×	×	○	○	×	无	空白指令	
乙	○	×	○	○	×	有	将数值送入 A	
丙	×	○	○	○	×	有	将数值送入 B	
丁	×	×	○	×	×	无	+A×B→D	A 消去，B 留下
戊	×	×	×	×	×	无	−A×B→D	A 消去，B 留下
己	×	×	×	○	×	无	1/A→C (到小数点以下 5 位)	D 消去，A 留下
庚	○	×	○	×	×	有	将数值送入 A，+A×B→D	A 消去，B 留下
辛	○	×	×	×	×	有	将数值送入 A，−A×B→D	A 消去，B 留下
子	○	×	×	○	×	有	将数值送入 A，1/A→C	D 消去，A 留下
丑	×	○	○	×	×	有	将数值送入 B，+A×B→D	A 消去，B 留下
寅	×	○	×	×	×	有	将数值送入 B，−A×B→D	A 消去，B 留下
卯	×	×	○	○	○	无	停止机械	在这張卡片后面放上 2 張“甲”卡片
辰	○	○	×	○	×	无	D→C	D 成为 0
巳	○	○	×	×	×	无	C→A	C 留下
午	○	○	○	×	×	无	C→B	C 留下
未	○	○	○	○	○	无	C 的数值穿孔，轉为“乙”或“丙”❶	C 留下

❶ 下一張卡片若是 NX 26，轉为“乙”；若是 X 26，轉为“丙”。

算时才把[1, 2, 3]和[4, 5, 6]分开)。

A 的数值在进行乘法运算(A×B)时被清除掉，但在算倒数(1/A)时保存下来。B, C 的数值在送入新数值之前，可以使用任意次。D 中若送入新的数值，則就将此数值加到(代数地相加)已在其中的数值上。若把 D 的数值轉移到其他的室内，D 中就变为“0”.

例 1 单純的乘法运算 在計算 3.16×5.28 时，让下面排列的卡片(括号中表示穿孔的数值)通过机械：

乙(+3.16)，丙(+5.28)，丁，辰，未。

这样，在最后的"未"卡片上就有解答被穿出(成为"乙"卡片)。

把这个計算过程詳細表示出来，就如表 15.2 所示。

表 15.2　3.16×5.28

卡　片	操　　作	A	B	C	D	穿　孔
乙(+3.16)	+3.16→A	+3.16				
丙(+5.28)	+5.28→B		+5.28			
丁	+A×B→D	—			+16.6848	
辰	D→C			+16.6848	0	
未	C→穿孔					+16.6848

例 2　$a(b+c)^3$ 的計算　把卡片排列成

丙(b)，庚(1)，丙(c)，庚(1)，辰，巳，午，丁，辰，巳，丁，辰，巳，丙(a)，丁，辰，未，

經过表 15.3 的过程，得出解答。

表 15.3　$a(b+c)^3$

卡　片	操　　作	A	B	C	D	穿　孔
丙 (b)	b→B		b			
庚 (1)	1→A，+A×B→D	(1)			b	
丙 (c)	c→B		c			
庚 (1)	1→A，+A×B→D	(1)			$b+c$	
辰	D→C			$b+c$	0	
巳	C→A	$b+c$				
午	C→B		$b+c$			
丁	+A×B→D	—			$(b+c)^2$	
辰	D→C			$(b+c)^2$	0	
巳	C→A	$(b+c)^2$				
丁	+A×B→D	—			$(b+c)^3$	
辰	D→C			$(b+c)^3$	0	
巳	C→A	$(b+c)^3$				
丙 (a)	a→B		a			
丁	+A×B→D	—			$a(b+c)^3$	
辰	D→C			$a(b+c)^3$	0	
未	C→穿孔					$a(b+c)^3$

例3 平方根 求 $\sqrt{a}$ 时，把小数点移动(2位的倍数)，使 a 取1到100之間的数値。让如下排列的卡片通过机械：

丙(1.5)，庚(1)，丙(a)，庚(0.16667)

[辰，巳，午，己，庚(1)，巳，丙(a)，丁，辰，午，庚(0.5)]^6，辰，未，

可以得出准确到5位数的 $\sqrt{a}$ (表15.4)。

表15.4 $\sqrt{a}$ 的計算

卡片	操作	A	B	C	D	备考
丙(1.5)	1.5→B		1.5			
庚(1)	+1×B→D	—			1.5	
丙(a)	a→B		a			
庚(0.16667)	+0.16667×B→D	—			$\frac{1}{2}\left(3+\frac{a}{3}\right)=b_1$	($\sqrt{a}$的第1近似)
辰	D→C			b_n	0	重复6次($n=1\sim6$)
巳	C→A	b_n				
午	C→B		b_n			
己	1/A→C			$1/b_n$	0	
庚(1)	+1×B→D	—			b_n	
巳	C→A	$1/b_n$				
丙(a)	a→B		a			
丁	+A×B→D				b_n+a/b_n	
辰	D→C			b_n+a/b_n	0	
午	C→B		b_n+a/b_n			
庚(0.5)	+0.5×B→D	—			$\frac{1}{2}\left(b_n+\frac{a}{b_n}\right)=b_{n+1}$	($\sqrt{a}$的第$n+1$近似)
辰	D→C			b_7	0	
未	C→穿孔					穿孔 b_7

例4 倒数 把 a 的倒数 $1/a$ 准确求到10位左右时，只须如下的排列卡片：

乙(a)，己，午，丁，辰，巳，戊，庚(2)，辰，未

就行了(表15.5)。其中，“己，午，丁，辰，巳，戊，庚(2)，辰”简称为

“申”。它进行着把数 A 的倒数准确地計算到 10 位程度，幷再存儲到 C 中去的操作。

表 15.5 倒数 $1/a$ (10 位程度)

卡片	操作	A	B	C	D	备考
乙 (a)	$a \to$ A	a				
己	1/A→C			c_0	0	c_0 是 $1/a$ 的第 0 近似值
午	C→B		c_0			
丁	+A×B→D	—			ac_0	
辰	D→C			ac_0	0	
巳	C→A	ac_0				
戊	−A×B→D				$-ac_0^2$	
庚(2)	+2×B→D	—			$2c_0-ac_0^2=c_1$	c_1 是 $1/a$ 的第 1 近似值
辰	D→C			c_1	0	
未	C→ 穿孔					穿孔 c_1

島內設計了下列計算用的卡片的基础排列：

(1) 单项式：ab, abc, $abcd$, $a_1a_2\cdots a_n$, a^2, a^3, a^n, ab^2, ab^3, ab^2c^3, $a^lb^mc^nd^p$ (l, m, n, p 是正整数)，$1/a$ (10 位)，$1/a$ (14 位)，b/a, de^3/ab^2c^2, $\sqrt{a}$, $1/\sqrt{a}$, $\sqrt[3]{a}$, $1/\sqrt[3]{a}$.

(2) 含有和、差等的单项式：$a(b+c)$, $a(b+c)(d+e+f)(g+h)$, $a(b+c)^3$, $(a+b)/(c+d)$, $(ad-bc)^2/(a+b)(c+d)$, $(abc+def)^2/(ab-ef)$, $\{[(ab+cd)e+fg]h+jk\}l+mn$.

(3) 多项式：$a+b+c+d$, $ab+cd+ef$, $abc+def+ghi$, $abcd+efgh$, $abcd+efgh+ijkl$, ax^3+bx^2+cx+d, $l(ab-cd)^2+m(ab-cd)+n$, $a/b+c/d+e/f$.

(4) 各种代数式：$\sin x$, $\cos x$, $\log x$；二次方程的根，高次代数方程的根；$\sum x^2$, $\sum y^2$, $\sum 2xy$；三次行列式；矩陣的乘积。

[注] 作为实际使用上的注意，补充以下几点：

(1) 送进存数室 A, B, C 的数值不能大于 100.

(2) 由“巳”,“子”进行倒数計算的数值不能小于 0.1.

(3) 想要多得几張同一解答的卡片时,只須多迭放几張“未”卡片。

(4) 非常簡单地变换一下配綫,就可作絕对值的計算。只在計算的一部分上求絕对值时,在它前后放上“卯,甲,甲”,这时可停下机械变换配綫。

附录 UNIVAC-60的基本配綫

Remington Rand❶的 UNIVAC-60 和 UNIVAC-120 都是計算穿孔机中的一种，它們的特征是計算利用电子方式进行(在这一点上它們与 IBM 的 604 等相似)。UNIVAC-60 有 6 个 10 位的存儲器，UNIVAC-120 有 12 个。配綫的原理完全相同，也是使用同样的配綫盘。好象这个公司的电子計算机全都是以“UNIVAC某某号”来命名的，单称 UNIVAC 容易引起混乱，因此今后只对 UNIVAC-60 加以叙述，而这些内容对 UNIVAC-120 也全都适用。

UNIVAC-60 所用的卡片，与其他 Remington Rand 的穿孔卡計算机上所用的卡片是一样的；虽然它的尺寸与 IBM 的相同，但是分为上下两段，各有 45 栏，一共有 90 栏可以使用(图 1*)。

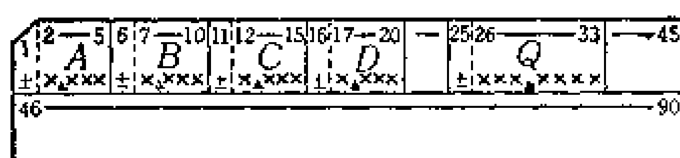

图 1* 卡片的設計

卡片由送卡斗一送进来，就先由卡片讀取机构讀出，再由卡片穿孔机构穿孔，落到受卡盒。送卡的速度是每分钟 150 張，一般具有这样的計算速度，即卡片从讀取机构走到穿孔机构这段时間內計算結束(特别在重复多而費时間的計算場合，卡片等着不动，一直等到計算結束)。

計算的計划在程序設計表上考慮，根据計划在两面配綫盘上

❶ 全名为 Remington Rand Univac, Division of Sperry Rand Corporation.

进行配綫。計算过程可以在程序檢驗盘上加以监视，并且还可以慢慢地循序检查。

例 1 $(A\times B+C)\div D=Q$ 的計算 A, B, C, D 每个都是 ±×▲×××形式的数，解答 Q 以×××▲×××××的形式求出。

卡片的設計作成如图 1* 所示。例如 A 的符号用 C1 上有无"0"来表示(有"0"就是負的)。而它的数值用 C2～5 上的穿孔来表示。

計算的計划制訂成象表 1* 和表 2* 那样。表 1* 中，从卡片面上讀出的数值 A, B, C, D 分别用 N1, N2, N3, N4 表示(詳見表 3*)。計算中得出的中間数值和最后結果都送入存儲器 S1, S2, S3. 这样，計算依 No. 1, 2, 3 的順序进行就行了。因此，如表 2* 左上所記的，从 START 先进入 STEP 1，在 STEP 1，如表 1* 所示，N1 和 N2 相乘，把結果送入 S1，接着就进入 STEP 2. 在 STEP 2，S1 和 N3 相加，把結果送入 S2. 其次是 STEP 3，将 S2 用 N4 除，解答送入 S3. 到此完成計算，由 SET I 把要穿孔的解答 (S3 中的 Q) 設置到穿孔装置上。再其次，如表 2* 中所規定的是 TRIP，就是在卡片上穿孔，送到受卡盒。这样就完成了卡片的全部程序。

表 1* 計 划 表 (1)

No.	EQUATION V1 PROC. V2 R	BRANCHING +	BRANCHING −	EXPLANATION
1	N1 × N2=S1	2	2	$A\times B$
2	S1 + N3=S2	3	3	$A\times B+C$
3	S2 ÷ N4=S3	SET I	SET I	$(A\times B+C)\div D=Q$
4				
5				
20				

表 2* 右側的一栏表示以下的事項：——若驗算不对要重新开始(restart)时，应該从哪一个步驟(表 1* 中的各行)开始重新計算(从程序的最初开始全部重新計算时，写作 PROGRAM)。除法运算时，分母(除数)若是 0，就应該停止(要送到另外的受卡盒时，写作 SORT)。在計算的中途可以不可以用手动操作使存儲器里面成为 0，等等。

表 2* 計 划 表 (2)

SPECIAL FUNCTIONS		
START → *STEP 1*	RESTART	*STEP*
CLEAR →	N÷0	*STOP*
SET I → *TRIP*	0÷0	*STOP*
SET II →	MANUAL CLEAR	*O. K.*
SORT I →	REPRO	
SORT II→	SKIP	
SEL I →	SET HOLD	
SEL II →	REPRO. FROM	REPRO. TO
SEL III →		
SEL IV →		

［注］ 表 1* 中的 EQUATION (方程)一栏表示各个步驟中所进行的演算。演算記为 PROC. (process)，对它們进行这个演算的两个值(value)各記为 V1, V2，演算的結果記为 R (result)。演算定为 +，−，×，÷ 四种，作为 V1，V2，R 要指定单元(N1，N2，等)或存儲器(S1，S2，等)。单元是从卡片面上讀出的数值，或是在机械內部发生的常数(constant)，那一个单元指的是什么，列于表 3* 中。

表 1* 中的 BRANCHING (轉移)一栏表示，某一步驟完了后再进到哪里去。結果是 + 和 − 时，可以进到不同的地方；但在目前这个例子中，+，− 都进到同一个地方。

表 3* 单元的指定情况

N No.	CARD COLS.	(−) SIGN	A No.	ACCUMULATOR COLUMNS 10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	DEC.	DESCRIPTION
1	2~5	0, 1	1							× ▲	×	×	×	4/3	A
2	7~10	0, 6	2							× ▲	×	×	×	4/3	B
3	12~15	0, 11	3							× ▲	×	×	×	4/3	C
4	17~20	0, 16	4							× ▲	×	×	×	4/3	D
5															
12															

表 4* 存儲器的指定情况

S No.	CARD COLS.	(−) SIGN	SET	CLEAR	STORAGE COLUMNS 10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	DEC.	DESCRIPTION
1							×	× ▲	×	×	×	×	×	×	7/6	$A\times B$
2							×	× ▲	×	×	×	×	×	×	7/6	$A\times B+C$
3	26~33	0/25	I				×	×	× ▲	×	×	×	×	×	6/5	$(A\times B+C)\div D$
4																
5																
6																

图 2* $(A\times B+C)\div D=Q$ 的配綫 (1)

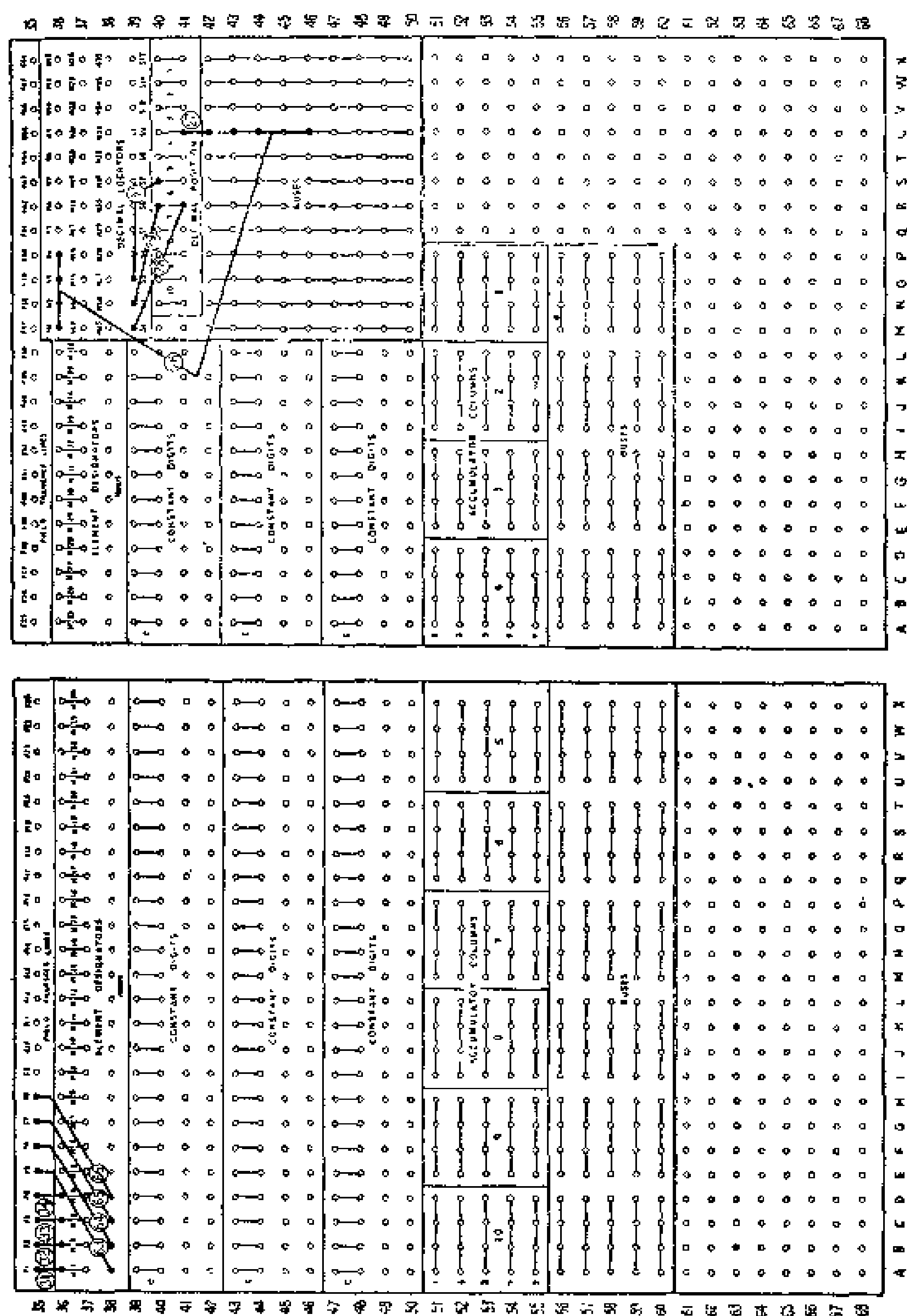
CONSTANT DIGITS
ACCUMULATOR COLUMNS
BUSES
ELEMENT DESIGNATORS
DECIMAL LOCATORS
DECIMAL POSITION

图 2⁵ (續)

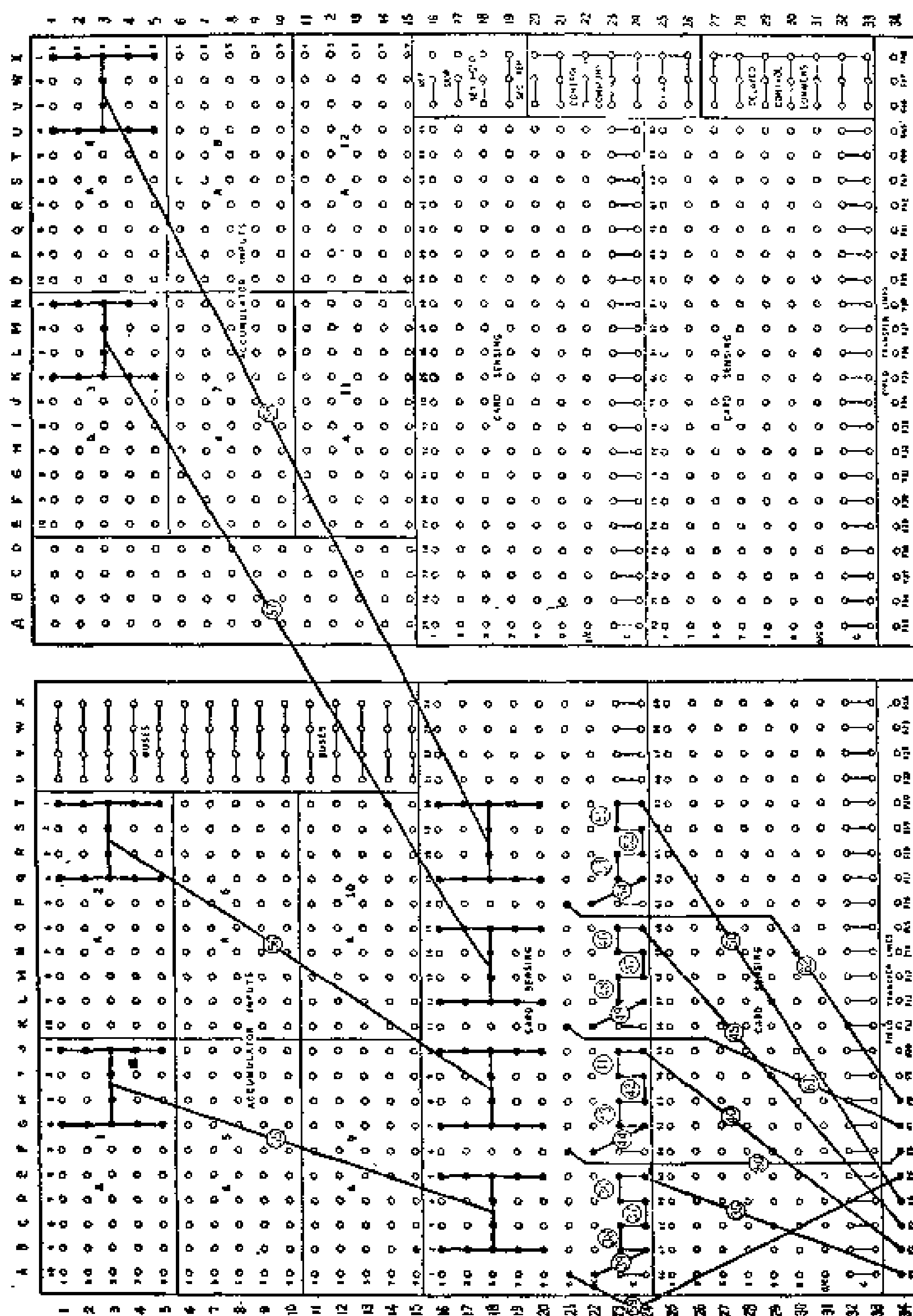

図 3*　$(A\times B+C)\div D=Q$ 的配綫 (2)

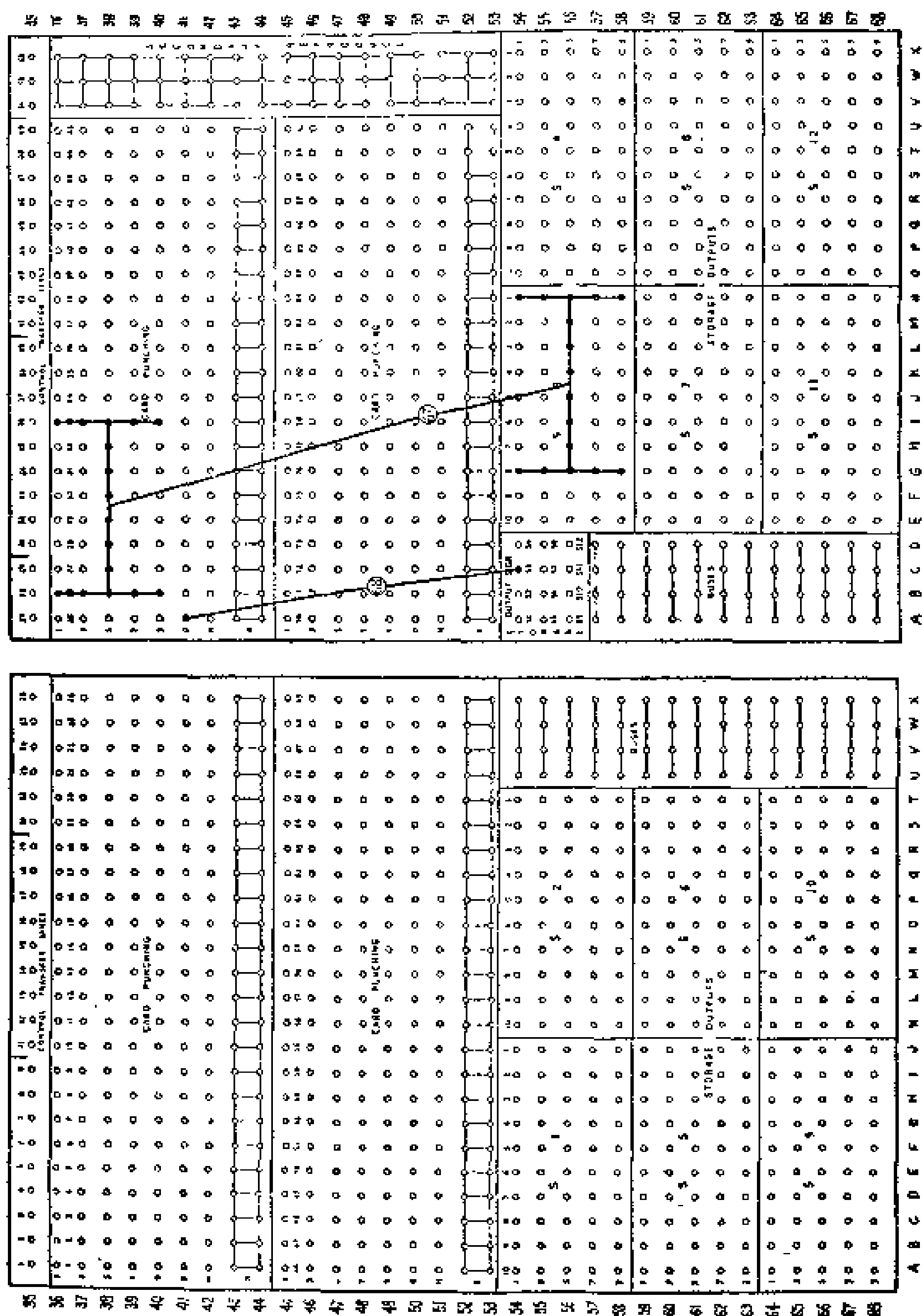

图 3* (續)

单元的指定情况用表 3* 的形式表示。例如，单元 N1 代表 A，它是在卡片 C2～5 讀出的数值上添上用 C1 的“0”所表示的符号（有“0”是－，沒有是＋）而組成的。把它送入累加器（accumulator）时，是放在累加器的 C4～1，小数点放在 C4 和 C3 之間。单元 N2，N3，N4 也是作同样的解釋。

存儲器的指定情况用表 4* 的形式表示。存儲器 S1 是存儲 $A\times B$ 的，但因一般是有 8 位有效数字的数，所以它被放在 C8～1 中。小数点在 C7 和 C6 之間（A，B 都是小数点后有 3 位的数，因此 $A\times B$ 是小数点后有 6 位的数）。S2 这行也作同样的解釋。S3 是存儲解答 $Q=(A\times B+C)\div D$ 的，商是以求到小数第 5 位的形式放在 C8～1，小数点放在 C6 和 C5 之間。

把 D 的数值限制在 0.1 以上，就不必担心有溢出。用 SET I 把这个存儲器 S3 設置好，在卡片的 C26～33 上穿以数值，用 C25 的“0”穿孔表示－。CLEAR 在这个問題上沒有必要（因为讀入新的数值时，前面的数值就自动地消失了）。

根据以上的計划所作的配綫如图 2* 和图 3* 所示。

［配綫說明］　①～⑨是指定程序步驟間的連結方式的。即，①表示从开始轉入步驟 1，②，③表示不論步驟 1 的結果是正或負都轉入步驟 2．同样地，④，⑤表示从步驟 2 轉入步驟 3，⑥，⑦表示从步驟 3 轉入 SET I（在从⑥，⑦連結到⑧上去时，用了复接插孔来代替分裂接綫）。⑨表示在 SET I 完了后轉入 TRIP．

从⑩到㉑表示表 1* 中 EQUATION 的部分。就是，⑩表示步驟 1 的 V1 是单元 N1，⑪表示 V2 是单元 N2．并且⑫表示 R 是存儲器 S1 的內容，⑬表示那个演算是“乘”。以下类同。

㉒指定用 SET I 設置的存儲器是 S3．

㉓指定驗算不对而重新开始时，从这一步驟起重新計算；㉔和㉕指定除法运算时分母若为 0 机械就停止。

㉖，㉗表示单元 N1，N2，N3，N4 的小数点的位置在 4 和 3 之間（㉖的

画法是从 4 个插孔各連一根配綫的簡化表示)。㉘, ㉙表示 S1, S2 的小数点在 7 和 6 之間; ㉚表示 S3 的小数点在 6 和 5 之間。

㉛, ㉜, ㉝, ㉞是为了把单元 N1, N2, N3, N4 的輸出信号傳到 INPUT & OUTPUT PANEL (图 3*) 而送入 FIELD TRANSFER LINES 的 F1, F2, F3, F4. 这些插孔分别与图 3* 的 F1, F2, F3, F4 相連結, 因此来到这里的脉冲分别通过㉟, ㊵, ㊺, ㊿而进入 C (call)插孔和 0/C (零 call) 插孔。由此向机械中輸入对应栏中的穿孔內容。此时所需的数値的輸入通路是㊻~㊽。1,6, 11, 16 行的 0 表示各个数值的符号(−)的信号, 是經过㊾~㊷进入 FIELD TRANSFER LINES 的 F5~F8, 出現在 CONSTANT & PROGRAM PANEL (图 2*) 的 F5~F8, 之后通过㊸~㊽分别进入单元 N1~N4 的 MINUS 插孔。

㊼(图 3*)是把存放在存儲器 S3 中的解答穿孔到卡片的 C 26~33 上去的通路, ㊽是把它的符号(−)的脉冲傳到 C 25 的"0"插孔去的通路。

例 2 平方根的計算 正数 A 的平方根的第 i 近似値如果为 R_i, 则可求出第$(i+1)$近似値为

$$R_{i+1}=\frac{1}{2}\left(R_i+\frac{A}{R_i}\right)$$

(Newton 方法)。第 0 近似值取为 $R_0=1$, 就有 $R_1=(A+1)/2$. 只要不是 $A=1$, R_1 一定比 $\sqrt{A}$ 大。从此按上述方法求出 R_2, R_3, …, 在 $A/R_i-R_i<0$ 期間继續进行計算, 作到 $A/R_i-R_i\geqslant 0$ 时停止。将这种計算編成 UNIVAC-60 的程序如表 5* 所示。这个程序的特色是: 根据步驟 4 結束时的轉移, 决定或是进入第$(i+1)$近似, 或是停止反复而进行調位。(其他的步驟上結果一定是正的, 因此用不着从一插孔配綫。)

値得注意的是使用 UNIVAC-60 进行綫性計算的实例有: 中部电力的逆矩陣的計算❶、吉譯会計机的科室职員所作的綫性規

---

❶ 中部电力株式会社: "UNIVAC-60 による連立方程式および逆行列の数值解法について", SYSTEMS, No. 8 (July, 1956), 34~49.

划单純形計算❶等。

表 5* $\sqrt{A}$ 的計算

号碼	EQUATION	BRANCH		說明
	V1 P V2 R	+	−	
1	N1+N2=S1	2		$A+1=A/R_0+R_0$
2	S1 ÷N3=S2	3		$(A/R_{i-1}+R_{i-1})/2=R_i$
3	N1÷S2 =S3	4		A/R_i
4	S3 −S2 =S1	SET I	5	判断 $A/R_i-R_i\gtreqless 0$
5	S3 +S2 =S1	2		A/R_i+R_i

特殊函数

START → *STEP 1* SET I → *TRIP*	RESTART MAN. CL.	*STEP* *O. K.*

单　元　　N1=A,　N2="1",　N3="2"

存儲器　　$S1=\frac{A}{R_i}+R_i$, $S2=R_i$, $S3=\frac{A}{R_i}$

❶ 多田誠澄: "UNIVAC-60 による SIMPLEX METHOD のとき方", SYSTEMS, No. 9 (Oct., 1956), 58～66.

参 考 书

穿孔卡計算机的制造厂以种种形式将有关使用方法的知識提供給用戶。例如，对于 IBM 602 A 計算穿孔机，基础的事項都写在下列书中：

IBM, Electric Punched Card Accounting Machines, Principles of Operation, Calculating Punch Type 602–A, International Business Machines Corporation, New York, Form 22–5489–7;

Principles of Operation, Bulletin 66 (revised), Timing Charts, Type 602–A, 22–6023–1, IBM, 1952.

更进一步的使用方法則写在：

IBM, Applied Science Department Technical Newsletter, No.3, 1951.

此外，还有象 IBM 召开的 Educational Research Forum (1947), Scientific Computation Forum (1948), Seminar on Scientific Computation (1949), Computation Seminar (1949), Industrial Computation Seminar (1950) 一些会議的記录。

再如，对于 UNIVAC-60 和 120，有：

UNIVAC 60 and 120 Punched-Card Electronic Computers, operating instructions, Remington Rand,

和相当于这个資料的日譯介紹。至于

Fred Gruenberger: Computing Manual (The University of Wisconsin Press, 1953),

Fred Gruenberger: Diagrams in Punched Card Computing (The University of Wisconsin Press, 1954)

都收集有 IBM 机械（前者只含 602 A，后者包含 604 和 CPC）上的各种特殊的配綫，很有意思。

现代应用数学丛书

书名	原作者	譯者
代数学	弥永昌吉等	熊全淹
几何学	矢野健太郎	孙泽瀛
复变函数論	功力金二郎	刘书琴
集合·拓扑·測度	河田敬义	赖英华
泛函分析	吉田耕作	程其襄
广义函数	岩村联	杨永芳
常微分方程	福原满洲雄	張庆芳
偏微分方程	南云道夫	錢端壮
特殊函数	小谷正雄等	錢端壮
差分方程	福田武雄	穆鸿基
富里哀变换与拉普拉斯变换	河田龙夫	錢端壮
变分法及其应用	加藤敏夫	周怀生
李群論	岩堀長庆	孙泽瀛
随机过程	伊藤清	刘璋温
回轉群与对称群的应用	山内恭彦等	張质贤
結晶統計与代数	伏見康治	孙泽瀛
偏微分方程的应用*	犬井鉄郎等	杨永芳
微分方程的近似解法*	加藤敏夫等	王占瀛
数值計算法	森口繁一等	閻昌龄
量子力学中的数学方法	朝永振一郎	周民强
工程力学系統	近藤一夫等	刘亦珩

书名	原作者	譯者
非綫性振动論	古屋茂	吕绍明
力学系与映射理論	岩田文一	孙泽瀛
平面彈性論	森口繁一	刘亦珩
有限变位彈性論 变形几何学	山本善之 近藤一夫	刘亦珩
塑性論	鷲津文一郎	刘亦珩
粘性流体理論	谷一郎	刘亦珩
可压縮流体理論	河村龙馬	刘亦珩
网絡理論	喜安善市等	陆志刚
自动控制理論	喜安善市等	程立林
网絡拓扑学	近藤一夫	張毅
信息論	喜安善市等	李文清
推断統計过程論*	北川敏男	刘璋温
統計分析	森口繁一	刘璋温
試驗設計法	增山元三郎	刘璋温
群体遺傳学的数学理論	木村資生	刘祖洞
博弈論	官澤光一	張鍾樽
綫性規划	森口繁一	刘源張
經济理論中的数学方法	安井琢磨等	談祥柏
随机过程的应用	河田龙夫	刘璋温
計算技术*	高桥秀俊	姚晋
穿孔卡計算机	森口繁一	刘源張

注：本丛书中除注有*者外均已出版，有*者即将于最近出书。